

**POTENSI ANTAGONISME JAMUR ENDOFIT
PADA TANAMAN TEBU (*Saccharum officinarum* L.) UNTUK
MENEKAN PERTUMBUHAN JAMUR *Ustilago scitaminea*
PENYEBAB PENYAKIT LUKA API PADA TANAMAN TEBU
SECARA *IN VITRO***

**Oleh
SITI HALIMAH**



**UNIVERSITAS BRAWIJAYA
FAKULTAS PERTANIAN
MALANG**

2018

**POTENSI ANTAGONISME JAMUR ENDOFIT
PADA TANAMAN TEBU (*Saccharum officinarum* L.) UNTUK
MENEKAN PERTUMBUHAN JAMUR *Ustilago scitaminea*
PENYEBAB PENYAKIT LUKA API PADA TANAMAN TEBU
SECARA *IN VITRO***

Oleh
SITI HALIMAH
145040200111040

**PROGRAM STUDI AGROEKOTEKNOLOGI
MINAT PERLINDUNGAN TANAMAN**

SKRIPSI

**Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh Gelar
Sarjana Pertanian Strata Satu (S-1)**

**UNIVERSITAS BRAWIJAYA
FAKULTAS PERTANIAN
JURUSAN HAMA DAN PENYAKIT TANAMAN
MALANG**

2018

PERNYATAAN

Saya menyatakan bahwa segala pernyataan dalam skripsi ini merupakan hasil penelitian saya sendiri, dengan bimbingan dosen pembimbing. Skripsi ini tidak pernah diajukan untuk memperoleh gelar di perguruan tinggi manapun dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang dengan jelas ditunjukkan rujukannya dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Malang, Agustus 2018

Siti Halimah

LEMBAR PERSETUJUAN

Judul Penelitian : Potensi Antagonisme Jamur Endofit pada Tanaman Tebu
(*Saccharum officinarum* L.) untuk Menekan Pertumbuhan
Jamur *Ustilago scitaminea* Penyebab Penyakit Luka Api
pada Tanaman Tebu secara *In Vitro*

Nama : Siti Halimah

NIM : 145040207111040

Jurusan : Hama dan Penyakit Tumbuhan

Program Studi : Agroekoteknologi

Disetujui

Pembimbing Utama,

Pembimbing Pendamping,

Dr. Ir. Syamsuddin Djauhari, MS.
NIP. 19550522 198103 1 006

Antok Wahyu Sektiono, SP., MP.
NIP. 20134 841014 1 001

Diketahui,
Ketua Jurusan Hama dan Penyakit Tumbuhan

Dr. Ir. Ludji Pantja Astuti, MS.
NIP. 19551018 198601 2 001

Tanggal Persetujuan :

LEMBAR PENGESAHAN

Mengesahkan

MAJELIS PENGUJI

Penguji I

Penguji II

Dr. Anton Muhibuddin, SP. MP _

NIP. 19771130 200501 1 002

Antok Wahyu Sektiono, SP., MP

NIP. 20134 841014 1 001

Penguji III

Penguji IV

Dr. Ir. Syamsuddin Djauhari, MS.

NIP. 19550522 198103 1 006

Dr. Ir. Bambang Tri Rahardjo, SU.

NIP. 19550403 198303 1 003

Tanggal Lulus :.....

LEMBAR PERSEMBAHAN

Ku persembahkan Skripsi ini untuk semua yang bertanya :

“Kapan Skripsimu selesai?”

Terlambat lulus atau lulus tidak tepat waktu bukan sebuah kejahatan, bukan pula sebuah aib. Alangkah kerdilnya jika mengukur kepintaran seseorang hanya dari siapa yang paling cepat lulus. Bukankah sebaik-baik skripsi adalah skripsi yang selesai? Baik itu selesai tepat waktu maupun tidak tepat waktu.

**TERUNTUK KE DUA ORANG TUA DAN KELUARGA BESAR
TERCINTA**

RINGKASAN

SITI HALIMAH. 145040200111040. Potensi Antagonisme Jamur Endofit pada Tanaman Tebu (*Saccharum officinarum* L.) untuk Menekan Pertumbuhan Jamur *Ustilago scitaminea* Penyebab Penyakit Luka Api pada Tanaman Tebu secara *In Vitro*. Dibawah bimbingan Dr.Ir. Syamsuddin Djauhari, MS. sebagai pembimbing utama dan Antok Wahyu Sektiono, SP., MP. sebagai pembimbing pendamping

Tebu (*Saccharum officinarum* L.) merupakan salah satu komoditas perkebunan yang memiliki nilai ekonomi tertinggi di dunia dan potensial dikembangkan di negara beriklim tropis, seperti Indonesia. Peningkatan produksi tebu di Indonesia diharapkan dapat mendorong perekonomian negara dengan penambahan jumlah devisa. Salah satu kendala dalam produksi tebu yaitu penyakit luka api yang diakibatkan oleh patogen *Ustilago scitaminea*. Patogen tersebut dapat menyebabkan penurunan produksi hingga gagal panen. Salah satu contoh studi kasus di daerah Sampang, Madura penyakit luka api menyebabkan kehilangan hasil sebesar 60%. Oleh karena itu diperlukan suatu pengendalian. Pengendalian yang dapat dilakukan melalui pendekatan biologi ramah lingkungan dengan memanfaatkan agens antagonis berupa jamur endofit. Jamur endofit dalam penelitian ini akan diisolasi dari daun tanaman tebu. Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan jamur endofit yang efektif dalam mengendalikan penyakit luka api.

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Penyakit Tumbuhan, Jurusan Hama dan Penyakit Tumbuhan, Fakultas Pertanian, Universitas Brawijaya, Malang. Sedangkan pengambilan sampel tanaman di lahan tebu milik PG. Kebon Agung, di Desa Sempalwadak, Kecamatan Bululawang, Kabupaten Malang dan pengambilan sampel patogen luka api di lahan tebu milik Pusat Penelitian Perkebunan Gula Indonesia (P3GI), Pasuruan. Penelitian dilaksanakan dari bulan Februari hingga Juni 2018. Isolat jamur endofit yang diperoleh akan dilakukan pengujian antagonis terhadap patogen penyebab luka api. Penelitian ini menggunakan rancangan acak lengkap (RAL) dengan melihat potensi antagonis jamur endofit terhadap patogen dengan nilai hambatan lebih dari 50% dilakukan 3 ulangan dan perlakuan kontrol yaitu menggunakan akuades steril.

Hasil isolasi dan identifikasi diperoleh 7 isolat jamur endofit antara lain isolat ET 1 (*Aspergillus* sp.), isolat ET 2 (*Penicillium* sp.), isolat ET 3 (*Aspergillus* sp.1), isolat ET 4 (*Trichoderma* sp.), isolat ET 5 (*Fusarium* sp.), isolat ET 6 (*Penicillium* sp. 1), dan yang tidak teridentifikasi yaitu isolat ET 7. Jamur endofit yang memiliki daya hambat paling tinggi terhadap jamur patogen *U. scitaminea* yaitu jamur *Trichoderma* sp dengan kemampuan daya hambat sebesar 72,22% diikuti isolat jamur *Penicillium* sp., *Aspergillus* sp.1 dengan daya hambat masing-masing sebesar 52,94% dan 61,91%. Ketiganya menghambat melalui mekanisme antagonis ditandai dengan adanya kompetisi ruang.

SUMMARY

SITI HALIMAH. 145040200111040. The Potential Antagonism of Endophytic Fungus in Sugarcane Plant (*Saccharum officinarum* L.) to Suppress the Growth of Fungi Causing Smut to Sugarcane *In Vitro*. Supervised by Dr.Ir. Syamsuddin Djauhari, MS. and Antok Wahyu Sektiono, SP., MP.

Sugarcane (*Saccharum officinarum* L.) is one of the goods that have the highest value in the global economy and the potential for development in tropical countries like Indonesia. The rise in sugarcane production in Indonesia should boost the country's economy by increasing foreign exchange trading. One of the obstacles in the production of sugar cane is the fire disease caused by the pathogen *Ustilago scitaminea*. The pathogen can cause a decline in production until crop failure. An example of a case study in the Sampang, Madura region, a burn injury caused a loss of 60%. Therefore, a check is needed. Control that can be carried out by an environmentally friendly biological approach using antagonistic agents in the form of endophytic fungi. Endophytic fungi in this study are isolated from sugar cane leaves. This study aims to obtain endophytic fungi that are effective in combating smut damage.

This research was carried out in the Plant Diseases Laboratory, Department of Pests and Plant Diseases, Faculty of Agriculture, Brawijaya University, Malang. The sampling of plants in the sugarcane area belongs to PG. Kebon Agung, in the village of Sempalwadak, Bululawang subdistrict, Malang and sampling pathogens cane messes on the property of the Indonesian Sugar Plantation Research Center (P3GI), Pasuruan. The study was conducted from February to June 2018. The resulting endophytic fungal isolates are antagonistically tested for pathogens causing burn injuries. This study uses a fully randomized design (CRD) with the potential of endophytic fungi to see antagonist pathogens with resistance greater than 50% DO 3 replications and a control treatment that uses sterile distilled water.

The results of the isolation and identification of endophytic fungal isolates 7 include isolates ET 1 (*Aspergillus* sp.), Isolate ET 2 (*Penicillium* sp.), 3 ET isolates (*Aspergillus* sp.1), isolates ET 4 (*Trichoderma*) sp. Isolate ET5 (*Fusarium* sp.), Isolates ET6 (*Penicillium* sp. 1), and not identify is ET7. Isolates endophytic fungus has the highest inhibitory effects against pathogenic fungi *U. scitaminea* that has *Trichoderma* sp with inhibitory capacity of 72.22%, followed by isolates fungus *Penicillium* sp., *Aspergillus* sp.1 with the inhibition of respectively 52.94% and 61.91%. All three are hampered by an antagonistic mechanism characterized by the presence of space competition.

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kepada kehadiran Allah Azza wa Jalla atas segala rahmat dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul “Potensi Antagonisme Jamur Endofit pada Tanaman Tebu untuk Menekan Pertumbuhan Jamur *Ustilago scitaminea* Penyebab Penyakit Luka Api pada Tanaman Tebu secara *In Vitro*”. Penulis mengucapkan terimakasih atas bantuan dan kerjasama dari berbagai pihak yang telah membantu penelitian ini, terutama kepada:

1. Kedua orang tua tercinta, Bapak Muhtadi dan Ibu Sumini, kakak, adik dan keluarga besar yang telah memberikan doa serta dukungan untuk kesuksesan penulis sampai saat ini.
2. Bapak Dr.Ir. Syamsuddin Djauhari, MS. sebagai Pembimbing utama dan Antok Wahyu Sektiono, SP., MP atas segala kesabaran, nasehat, arahan, dan bimbingannya dalam penyelesaian skripsi.
3. Dr. Ir. Ludji Pantja Astuti, MS. Selaku Ketua Jurusan Hama dan Penyakit Tumbuhan dan seluruh dosen dan staff karyawan atas ilmu-ilmu dan arahan yang diberikan.
4. Keluarga As-Sholiha tercinta, Mbak Citra, Mbak Rina, Anis, Eva, Aisah, Dwi, Masita, dan Nurul, terima kasih atas motivasi dan semangat yang diberikan agar penulis segera menyelesaikan penulisan skripsi ini.
5. Sahabat yang saya sayangi, Maulidya Fajrin, Eka Mauludina, Meilia Puji, Nurul Agustina, Nely Afifah, Vency, Afier Jinda, Laila, Mbak Nisa, dan David yang telah banyak membantu dalam proses penelitian.
6. Pusat Penelitian Perkebunan Gula Indonesia (P3GI), Pasuruan dan PG Kebon Agung dan seluruh pihak yang terlibat dalam penelitian.

Penulis berharap semoga karya tulis ini dapat bermanfaat bagi banyak pihak serta bisa memberikan sumbangan pemikiran dalam kemajuan ilmu pengetahuan.

Malang, Agustus 2018

Siti Halimah

RIWAYAT HIDUP

Penulis dilahirkan di Pati, 31 Agustus 1996 sebagai anak kelima dari tujuh bersaudara. Penulis menempuh pendidikan dasar di Madrasah Ibtidaiyah Mamba'un Nidhom Bulungan pada tahun 2003-2009, pendidikan menengah pertama di MTs Mamba'un Nidhom Bulungan pada tahun 2009-2012 dan pendidikan menengah atas di MA Miftahul Huda Tayu pada tahun 2012-2014. Penulis melanjutkan pendidikan strata 1 (S1) di Program Studi Agroekoteknologi, Fakultas Pertanian, Universitas Brawijaya melalui Seleksi Bersama Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SBMPTN) pada tahun 2014.

Selama menjadi mahasiswa, selain aktif di bidang akademik penulis juga aktif dalam kegiatan non akademik dengan mengikuti beberapa kepanitiaan tingkat fakultas yakni Ketua divisi acara Entrepreneur Class BURSA, divisi acara Mubes Musyker FORSIKA, divisi kreatif Kajian Rutin Maperta FORSIKA dan aktif menjadi pengurus harian beberapa unit kegiatan mahasiswa seperti Himpunan Mahasiswa Perlindungan Tanaman (HIMAPTA), Forum Studi Islam Kamil (FORSIKA), Lembaga Kewirausahaan BURSA dan menjadi staf Debate Fabulous Agriculture Students Melted Into English Eksplorer Society (FARMERS). Penulis pernah menjadi asisten praktikum mata kuliah, Biokimia Tanaman periode 2016-2017, Bioteknologi Pertanian periode 2015-2016, Fisiologi Tumbuhan 2016-2017, Manajemen Hama dan Penyakit terpadu, Hama dan Penyakit Penting Tanaman 2015-2016, Kewirausahaan dan Mikologi Pertanian 2017-2018. Penulis pernah lolos dalam Pendanaan Program Mahasiswa Wirausaha pada tahun 2016 dan 2017. Selain itu, pada tahun 2018 penulis lolos Program Kreativitas Mahasiswa bidang Kewirausahaan. Penulis juga menjadi Juara 1 presentasi dan video terbaik dalam Pendidikan Dasar dan Orientasi Terpadu Keprofesian (PROTEKSI) tahun 2016. Kemudian penulis melaksanakan kegiatan magang kerja selama tiga bulan dari bulan Juni hingga Agustus 2017 di Balai Karantina Pertanian Kelas II Yogyakarta.

DAFTAR ISI

RINGKASAN	i
SUMMARY	ii
KATA PENGANTAR	iii
RIWAYAT HIDUP	iv
DAFTAR ISI	v
DAFTAR GAMBAR	vii
DAFTAR TABEL	viii
DAFTAR LAMPIRAN	ix
1. PENDAHULUAN	Error! Bookmark not defined.
1.1 Latar Belakang	Error! Bookmark not defined.
1.2 Rumusan Masalah	Error! Bookmark not defined.
1.3 Tujuan	Error! Bookmark not defined.
1.4 Manfaat	Error! Bookmark not defined.
1.5 Hipotesis	Error! Bookmark not defined.
2. TINJAUAN PUSTAKA	Error! Bookmark not defined.
2.1 Deskripsi Tanaman Tebu	Error! Bookmark not defined.
2.2 Penyakit Luka Api pada Tanaman Tebu	Error! Bookmark not defined.
2.3 Jamur Endofit	Error! Bookmark not defined.
2.4 Pengujian Antagonis	Error! Bookmark not defined.
3. METODE PENELITIAN	Error! Bookmark not defined.
3.1 Kerangka Operasional Penelitian	Error! Bookmark not defined.
3.2 Tempat dan Waktu	Error! Bookmark not defined.
3.3 Alat dan Bahan	Error! Bookmark not defined.
3.4 Metode Penelitian	Error! Bookmark not defined.
3.5 Analisis Data	Error! Bookmark not defined.
4. HASIL DAN PEMBAHASAN	Error! Bookmark not defined.
4.1 Hasil Isolasi dan Identifikasi Jamur penyebab Penyakit Luka Api	Error! Bookmark not defined.
4.2 Pengujian Postulat Koch	Error! Bookmark not defined.
4.3 Hasil Identifikasi Isolat Jamur Endofit	Error! Bookmark not defined.
4.4 Uji Antagonis secara <i>In Vitro</i>	Error! Bookmark not defined.
5. KESIMPULAN DAN SARAN	Error! Bookmark not defined.
5.1 Kesimpulan	Error! Bookmark not defined.

6.2	Saran	Error! Bookmark not defined.
	DAFTAR PUSTAKA	Error! Bookmark not defined.
	LAMPIRAN	Error! Bookmark not defined.

DAFTAR GAMBAR

No	Teks	Halaman
1.	Morfologi akar tanaman tebu.....	4
2.	Morfologi batang tanaman tebu.....	4
3.	Morfologi daun tanaman tebu.....	5
4.	Morfologi bunga tanaman tebu.....	5
5.	Berbagai bentuk cambuk serangan luka api pada pucuk daun tebu : a. cambuk panjang; b. cambuk tertutup; c. cambuk memutar; d. cambuk pendek e. cambuk berganda.....	6
6.	Morfologi <i>U. scitaminea</i> secara mikroskopis: a. teliospora; b. perkecambahan teliospora dan c. perbanyakan teliospora.....	8
7.	Siklus hidup dari jamur Ustilago	10
8.	Mekanisme jamur endofit dalam ketahanan tanaman	14
9.	Kerangka operasional penelitian.....	18
10.	Uji antagonis oposisi langsung	22
11.	Kondisi pertanaman tebu di Desa Sempalwadak.....	22
12.	Kondisi pertanaman tebu di P3GI Pasuruan	24
13.	Morfologi makroskopis dan mikroskopis isolat ET 1	26
14.	Morfologi makroskopis dan mikroskopis isolat ET 2	26
15.	Morfologi makroskopis dan mikroskopis isolat ET 3	27
16.	Morfologi makroskopis dan mikroskopis isolat ET 4	28
17.	Morfologi makroskopis dan mikroskopis isolat ET 5	29
18.	Morfologi makroskopis dan mikroskopis isolat ET 6	29
19.	Morfologi makroskopis dan mikroskopis isolat ET 7	30
20.	Isolasi jamur <i>U. scitaminea</i> dari pucuk daun tebu.....	31
21.	Isolat murni jamur <i>U. scitaminea</i> pada media PDA.....	31
22.	Kenampakan mikroskopis jamur <i>U. scitaminea</i>	32
23.	Gejala serangan luka api pada tanaman tebu pengujian Postulat Koch.....	33
24.	Histogram rerata persentase kemampuan penghambatan jamur endofit terhadap <i>U. scitaminea</i>	35
23.	Hasil pengujian antagonis dan kemampuan penghambatan jamur endofit terhadap <i>U. scitaminea</i>	37

DAFTAR TABEL

No	Teks	Halaman
1.	Daftar hasil isolasi dan identifikasi jamur endofit pada tanaman tebu ...	25
2.	Rerata persentase penghambatan jamur endofit terhadap patogen <i>U. scitaminea</i> dari tanaman padi selama 6 hari pengamatan	34
3.	Rerata persentase penghambatan jamur endofit terhadap patogen <i>U. scitaminea</i> dari tanaman padi selama 6 hari pengamatan	36

DAFTAR LAMPIRAN

No	Teks	Halaman
1.	Deskripsi Tanaman Tebu Varietas Bululawang Malang . Error! Bookmark not defined.	
2.	Analisis Ragam Presentase Penghambatan Jamur pada 2 hsi Error! Bookmark not defined.	
3.	Analisis Ragam Presentase Penghambatan Jamur pada 3 hsi Error! Bookmark not defined.	
4.	Analisis Ragam Presentase Penghambatan Jamur pada 4 hsi Error! Bookmark not defined.	
5.	Analisis Ragam Presentase Penghambatan Jamur pada 5 hsi Error! Bookmark not defined.	
6.	Analisis Ragam Presentase Penghambatan Jamur pada 7 hsi Error! Bookmark not defined.	
7.	Rerata hambatan ET 1 (<i>Aspergillus</i> sp.) terhadap <i>U. scitaminea</i> Error! Bookmark not defined.	
8.	Rerata hambatan ET 2 (<i>Penicillium</i> sp.) terhadap <i>U. scitaminea</i> Error! Bookmark not defined.	
9.	Rerata hambatan ET 3 (<i>Aspergillus</i> sp.1) terhadap <i>U. scitaminea</i> Error! Bookmark not defined.	
10.	Rerata hambatan ET 4 (<i>Trichoderma</i> sp.) terhadap <i>U. scitaminea</i>	50
11.	Rerata hambatan ET 5 (<i>Fusarium</i> sp.) terhadap <i>U. scitaminea</i>	50
12.	Rerata hambatan ET 6 (<i>Penicillium</i> sp.1) terhadap <i>U. scitaminea</i>	51
13.	Rerata hambatan isolat ET 7 terhadap <i>U. scitaminea</i>	51
13.	Dokumentasi kegiatan.....	52

1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Tebu (*Saccharum officinarum* L.) merupakan salah satu komoditas perkebunan yang memiliki nilai ekonomi tertinggi di dunia dan sangat potensial dikembangkan di negara beriklim tropis, seperti Indonesia. Produksi gula dunia sebesar 65% berasal dari tebu. Selain itu, tebu banyak digunakan sebagai bahan industri farmasi, sumber bahan bakar (*biofuel*) dan produksi beberapa bahan kimia, seperti furfural, dekstran, pakan ternak, selulosa dan alkohol (Dibax *et al.*, 2013). Luas areal pertanaman tebu di Indonesia saat ini hanya berkisar antara 340-350 ribu Ha/tahun. Sedangkan laju peningkatan konsumsi gula diperkirakan sekitar 3,3 % per tahun (Dirjen Tanaman Pangan, 2015). Kendala utama dalam produksi tebu dapat disebabkan oleh serangan penyakit pada tanaman. Rata-rata penurunan produksi tebu karena serangan penyakit hingga mencapai 10% (BPPT, 2007). Penyakit utama yang menyerang tebu ialah penyakit luka api yang disebabkan oleh jamur *Ustilago scitaminea*.

Penyakit luka api merupakan penyakit penting pada tanaman tebu dengan gejala daun muda berubah bentuk menjadi cambuk berwarna hitam. Penyakit ini sering menjadi penyebab utama rendahnya hasil di beberapa daerah sentra produksi tebu di Indonesia, terutama daerah Madura. Di Kabupaten Sampang penyakit luka api menjadi salah satu penyakit utama pada tanaman tebu hingga mengakibatkan kehilangan hasil panen sebesar 60% (Talanca *et al.*, 2015).

Upaya pengendalian penyakit luka api dapat dilakukan dengan berbagai cara seperti penggunaan varietas tahan, pengendalian dengan agens hayati, sanitasi lingkungan, dan penggunaan fungisida. Salah satu pengendalian dengan agens hayati yaitu mikroba endofit. Mikroba endofit hidup bersimbiosis dengan jaringan tanaman dan dapat mempengaruhi proses fisiologi tanaman inangnya (Huang *et al.*, 2009). Mikroba endofit umumnya berasal dari golongan jamur maupun bakteri. Jamur endofit mampu membantu tanaman mempertahankan diri dari serangan patogen. Jamur endofit mampu menginduksi ketahanan tanaman dari penyakit, dan banyak mekanisme yang berkaitan dengan ketahanan tersebut (Selim *et al.*, 2012).

Jamur endofit yang pernah ditemukan pada tebu yaitu *Hormiscium* sp. bersifat antagonis dan menghambat *Xanthomonas albilineans* penyebab penyakit vaskular bakteri pada tebu. Hasil terbaik yang didapatkan yaitu jamur endofit *Hormiscium* sp. mampu menghambat *X. albilineans* dengan diameter zona hambat sebesar 9,04 mm menggunakan sterilisasi autoklaf (Wahyuni *et al.*, 2016). Melalui kemajuan bioteknologi saat ini, jamur endofit dapat dimanfaatkan sebagai metode dalam meningkatkan ketahanan tanaman yang

ramah lingkungan, baik sarana produksi antibiotik, pembuatan obat dan transgenik gen ketahanan. Namun informasi terkait eksplorasi jamur pada tanaman tebu masih terbatas, sehingga penelitian mengenai eksplorasi jamur endofit pada tanaman tebu perlu dikaji untuk mendapatkan jamur endofit potensial sebagai pengendali penyakit.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

- a. Bagaimana ciri dari jamur endofit pada daun tanaman tebu?
- b. Bagaimana potensi antagonisme jamur endofit daun tanaman tebu yang bersifat antagonis terhadap jamur *U. scitaminea*?

1.3 Tujuan

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

- a. Mengidentifikasi jenis jamur endofit yang ditemukan pada daun tanaman tebu
- b. Mengkaji kemampuan jamur endofit dalam menghambat pertumbuhan jamur *U. scitaminea* penyebab penyakit luka api pada tanaman tebu secara *in vitro*.

1.4 Manfaat

Adapun manfaat dari penelitian ini sebagai berikut:

- a. Penelitian ini dapat memberikan informasi tentang jamur endofit yang terdapat pada daun tanaman tebu serta potensi antagonismenya terhadap patogen *U. scitaminea* penyebab luka api pada tanaman tebu.
- b. Penelitian ini dapat menjadi informasi pengendalian perkembangan patogen *U. scitaminea* pada tebu.

1.5 Hipotesis

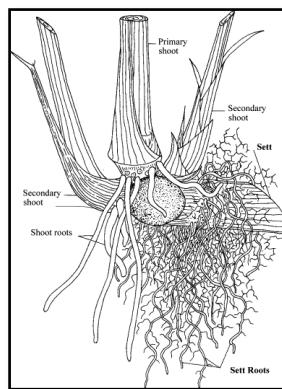
Hipotesis yang diajukan dalam penelitian ini adalah jamur endofit dari daun tanaman tebu berpotensi menekan pertumbuhan jamur *U. scitaminea* patogen luka api pada tebu secara *in vitro*.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Deskripsi Tanaman Tebu

Tanaman tebu merupakan tanaman rerumputan yang menyimpan energinya dalam bentuk gula di dalam batang. Tanaman tebu diklasifikasikan dalam kingdom Plantae, divisi Spermatophyta, subdivisio Angiospermae, kelas Monocotyledoneae, ordo Poales, famili Poaceae, genus *Saccharum* dan spesies *Saccharum officinarum* L. (Steenis, 2005). Morfologi tebu terdiri dari akar, batang, daun dan bunga.

Akar. Akar yang pertama kali terbentuk dari bibit stek adalah akar adventif. Setelah tunas tumbuh, maka fungsi akar akan digantikan oleh akar sekunder (Gambar 1). Akar tebu dapat tumbuh panjang hingga mencapai 0,5-1,0 m. Sistem perakaran tebu berbentuk serabut, tebal, dan berwarna putih. Akar tebu juga dapat berfungsi sebagai jangkar agar dapat berdiri kokoh. Selain itu, ujung akar muda terdapat akar rambut yang mengabsorpsi air dan unsur hara (Wijayanti, 2008).



Gambar 1. Morfologi akar tebu (Smith *et al.*, 2005)

Batang. Batang tebu berdiri lurus, tidak bercabang dan beruas yang dibatasi dengan buku-buku. Setiap buku terdapat mata tunas tebu (Gambar 2). Diameter batang antara 3-5 cm dan tinggi batang antara 2-5 m (Indrawanto, 2010).



Gambar 2. Morfologi batang tebu (P3GI, 2004)

Daun. Daun tanaman tebu merupakan daun yang tidak lengkap karena hanya terdiri dari pelepah dan helaian daun saja, tanpa tangkai daun. Daun berpangkal langsung pada buku batang dengan pola selang seling. Pelepah daun pada batang semakin menyempit (Gambar 3). Pada pelepah terdapat bulu daun dengan pertulangan daun berbentuk sejajar (Indrawanto *et al*, 2010).



Gambar 3. Morfologi daun tebu (Indrawanto *et al*, 2010).

Bunga. Bunga tebu berupa malai dengan panjang antara 50-80 cm. Cabang bunga pada tahap pertama berupa karangan bunga dan pada tahap selanjutnya berupa tandan dengan dua bulir panjang 3-4 mm. Terdapat pula benang sari, putik dengan dua kepala putik dan bakal biji (Gambar 4). Buah tebu seperti padi, memiliki satu biji dengan besar lembaga 1/3 panjang biji. Biji tebu dapat ditanam di kebun percobaan untuk mendapatkan jenis baru hasil persilangan yang lebih unggul (Indrawanto, 2010).



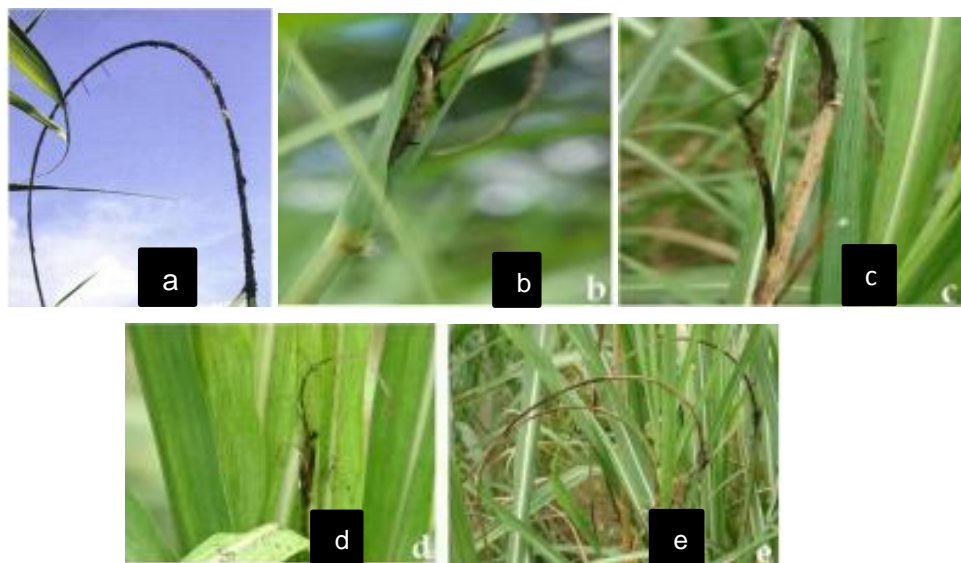
Gambar 4. Morfologi bunga tebu (Harry, 2010)

2.2 Penyakit Luka Api pada Tanaman Tebu

Salah satu penyakit penting yang dapat mengakibatkan penurunan produktivitas tebu secara ekonomi di antaranya yaitu penyakit luka api.

2.2.1 Penyakit Luka Api

Gejala dan Tanda Penyakit. Tanaman tebu yang terserang penyakit luka api pada umumnya lebih kecil dari pada tanaman tebu yang sehat. Gejala yang khas pada tebu yang terserang luka api ialah pembentukan organ yang menyerupai cambuk berwarna hitam pada pucuk batang tebu, yang menyebabkan daun muda yang berubah bentuk dan fungsinya. Ukuran cambuk tersebut sebesar pensil, dan tidak bercabang, berukuran panjang, serta tampak kaku (Gambar 5). Pada cambuk tersebut menempel berjuta-juta kladospora yang dilapisi selaput tipis tidak berwarna. Setelah masak selaput ini akan pecah dan melepaskan spora yang menyerupai jelaga dalam jumlah yang sangat besar (Croft dan Braithwaite, 2006).



Gambar 5. Berbagai bentuk cambuk serangan luka api pada pucuk daun tebu :

a. cambuk panjang; b. cambuk tertutup; c. cambuk memutar; d. cambuk pendek e. cambuk berganda (Ramesh *et al.*, 2014)

Penyebaran Penyakit. Cara penyebaran selain melalui bibit yang berasal dari tanaman yang berpenyakit luka api juga melalui spora jamurnya. Spora dapat terbawa oleh angin, alat pertanian dan manusia yang menggunakan serta pakaian yang dipakai. Infeksi dapat melalui mata tebu, baik mata tebu yang telah tumbuh maupun bagal bibit yang akan ditanam di dalam tanah yang mengandung spora penyakit luka api. Infeksi dapat juga terjadi melalui luka pangkas pada bagal atau luka-luka pada bagian tanaman lainnya. Penyakit ini mempunyai banyak tanaman inang antara lain Gelagah (*Saccharum spontaneum*), ilalang (*Imperata cylindrica*), Sorgum (*Sorghum vulgare*) (Croft dan Braithwaite, 2006).

Kerugian Hasil. Kerugian yang terjadi akibat penyakit luka api pada pertanaman tebu di lapang sangat bervariasi dari tingkat serangan yang rendah hingga serangan tinggi sehingga membahayakan perindustrian gula. Namun, serangan pada tingkat yang parah dapat

menyebabkan kehilangan hasil hingga 60%. Besar kecilnya kerugian tergantung dari tiga faktor, yaitu : macam infeksi. Kerugian terbesar terjadi bila penanaman tanaman tebu rnenggunakan bibit sakit yang berasal dari tanaman berpenyakit luka api. Kerugian bila infeksi bibit terjadi pada waktu tanam baik secara langsung maupun melalui tanah adalah lebih kecil; kategori tanaman. Kerugian pada tanaman tebu keprasan dari kebun-kebun tebu yang terserang penyakit luka api jauh lebih besar dari pada tanaman baru; saat infeksi. Tanaman tebu yang terinfeksi lebih awal kerugiannya akan lebih besar dari pada tanaman tebu yang terinfeksi lebih lebih lambat.

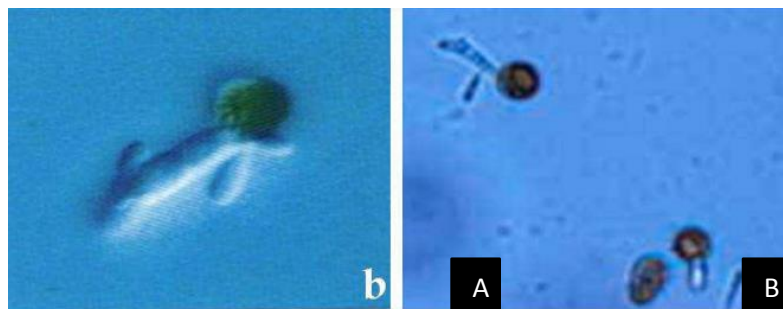
Secara fisiologis, tanaman tebu yang terinfeksi akan mengalami penurunan klorofil dan hormon, penurunan laju fotosintesis dan peningkatan laju respirasi yang diikuti oleh meningkatnya enzim oksidase, sedangkan secara morfologi sebagian tanaman menjadi kerdil, daun hitam mengering. Infeksi luka api juga menyebabkan penurunan jumlah rendemen tebu (Pakki, 2016). Jamur patogen penyebab penyakit luka api merupakan parasit yang menyerap nutrisi tanaman untuk pertumbuhan (Waller, 2010).

2.2.2 Jamur *U. scitaminea* penyebab Luka Api

Morfologi Jamur. Kenampakan morfologi koloni jamur *U. scitaminea* berwarna putih dan memiliki klamidospora berwarna hijau zaitun hingga kecokelatan, berbentuk bulat terkadang tidak teratur, diameter 5-10 μm , permukaannya licin dengan tonjolan halus. Klamidospora berkecambah kemudian membentuk promiselium yang pendek, terdiri atas 3-4 sel. Tiap sel membentuk satu sporidium hialin dan oval. Sporidium ini dapat membentuk hifa atau sporidium sekunder. Klamidospora merupakan pertahanan jamur dalam tanah yang kering maupun sisa tanaman sakit. Penyebaran klamidospora utamanya terjadi melalui bantuan angin dan air.

Jamur *U. scitaminea* diklasifikasikan ke dalam kelas Basidiomycetes yang mempunyai ciri, hifa bersekat, berkembang biak secara aseksual dengan fragmentasi miselium atau dengan membentuk spora seksual (konidium) dan secara seksual dengan membentuk basidiospora. Pada umumnya jamur kelas Basidiomycetes ini membentuk tubuh buah yang dapat dilihat secara makroskopis. Klasifikasi dari jamur ini yaitu kingdom Fungi, Filum Basidiomycota, kelas Basidiomycetes, ordo Ustilaginales, famili Ustilaginaceae, genus *Ustilago*, spesies *Ustilago scitaminea* (Sinaga *et al.*, 1989).

Perkecambahan spora terjadi pada permukaan internodal, yang diikuti oleh pembentukan appressoria pada sisik dalam tunas muda dan di dasar daun yang baru kemudian masuk ke jaringan meristem tunas terjadi antara 6 sampai 36 jam setelah deposisi teliospora (Gambar 6). Hifa ditemukan di seluruh bagian tanaman kebanyakan pada sel parenkim menuju ruas bawah yang lebih rendah. Di bagian atas, hifa semakin meningkat yang berpuncak pada pembentukan cambuk (teliospora). Infeksi miselia menembus melalui kuncup pada setiap simpul dan secara sistemik menjajah meristem apikal. Kuncup infektif pada tanaman dewasa juga bergejala cambuk di ujung tangkai daun.



Gambar 6. Morfologi jamur secara mikroskopis teliospora; A. perkecambahan teliospora dan B. perbanyak teliospora (Agnihotri *et al.*, 1990)

Ekologi jamur *U. scitaminea*

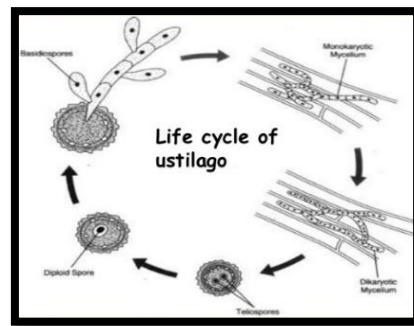
Hampir semua jenis jamur luka api memiliki biologi yang kompleks, yaitu dengan banyak fase spora dan membutuhkan lebih dari satu inang untuk menyempurnakan siklus hidupnya. Penyebaran penyakit luka api dipengaruhi oleh terbentuknya teliospora. Berkembang sangat baik pada suhu 27-28°C dan kelembapan udara yang tinggi serta jenis varietas atau tanaman tertentu (Burhanuddin, 2009). Kelembapan udara yang tinggi juga dapat meningkatkan serangan penyakit luka api. Penyakit luka api dapat terjadi di dataran rendah sampai tinggi dan infeksi berkembang baik pada musim penghujan.

Mekanisme infeksi jamur luka api dimulai dari menempelnya spora (teliospora) di permukaan jaringan tanaman dan membentuk tabung kecambah. Terbentuk appresorium yang kemudian masuk ke dalam jaringan tanaman. Vesikel terbentuk secara interseluler dan menyebar ke jaringan tanaman. Terbentuk sel haustorial mother yang berdekatan dengan sel mesofil. Haustoria terbentuk setelah penetrasi dengan dinding sel tanaman. Haustoria berkembang di dalam jaringan tanaman dan menginfeksi sel (Voegelé *et al.*, 2009).

Jamur *U. scitaminea* merupakan patogen tular udara yang dapat tersebar ke lokasi lahan tebu di wilayah berbeda. Penelitian di India menunjukkan bahwa jamur ini mampu berpindah

antar wilayah dalam satu provinsi. Perbedaan lokasi dapat menunjukkan serangan yang berbeda dari jamur luka api. *Teliospora* yang diproduksi secara berulang terdistribusi dan menginfeksi tanaman tebu yang lain. Jika klon tersebut memiliki kemampuan berkembang yang tinggi, maka dapat menyebabkan kehilangan hasil produksi dengan jumlah populasi tinggi di lokasi baru (Arwiyanto, 2013).

Daur Hidup Jamur. Jamur dapat bertahan sebagai saprofit dan dalam bentuk teliospora pada sisa tanaman sakit, pupuk organik atau dalam tanah. Spora tersebut mempunyai ketahanan yang tinggi sehingga dapat bertahan bertahun-tahun. Pada keadaan yang cocok teliospora berkecambah, membentuk sporidium yang dipencarkan oleh angin atau air. Jamur dapat menginfeksi dengan langsung melalui jaringan epidermis atau meristem pada bagian tanaman di atas tanah. Oleh karena itu gejala terjadi terutama pada daun, karena terdapat banyak jaringan meristematik, teliospora dapat terbawa oleh biji, setiap sel membentuk satu sporidium hialin dan oval. Sporidium ini dapat membentuk hifa atau sporidium sekunder (Gambar 7).



Gambar 7. Daur hidup dari jamur *Ustilago* (Ramesh *et al.*, 2014)

Pengendalian Penyakit Luka Api pada Tebu

Pengendalian terhadap penyakit luka api dapat dilakukan melalui beberapa strategi seperti penanaman varietas tahan, waktu tanam yang tepat, dan kimiawi seperti pengaplikasian fungisida

- 1. Menanam Varietas Tahan.** Pengendalian penyakit dengan menanam varietas tahan merupakan cara yang mudah penerapannya bagi petani, biayanya relatif murah dan ramah terhadap lingkungan. Menanam varietas tahan dimaksudkan untuk menekan serangan penyakit sehingga tidak menimbulkan kerugian secara ekonomi atau kehilangan hasil relatif kecil. Varietas tahan penyakit luka api adalah Bululawang dan Kidang Kencana (Puslitbangtan, 2009).
- 2. Waktu Tanam Tepat.** Pengaturan waktu tanam bertujuan untuk menghindari masa kritis tanaman dari serangan penyakit. Menanam pada waktu yang tepat secara serempak pada

suatu hampan yaitu pada saat sumber inokulum penyakit masih relatif rendah atau belum ada di lapangan dapat memperkecil dan memperpendek distribusi sumber inokulum jamur (Burhanuddin, 2009). Kendala yang masih menghambat teknik pengendalian ini yaitu terbatasnya informasi mengenai fluktuasi penyakit luka api di sentra-sentra produksi tebu di Indonesia.

Penyakit yang disebabkan oleh jamur atau jamur dapat berkembang dengan baik pada kondisi suhu rendah dan kelembaban yang relatif tinggi. Oleh karena itu, untuk menghindari tanaman tebu dari serangan penyakit luka api sebaiknya menanam pada awal musim hujan, terutama di lahan tegal.

3. **Kimiawi.** Dalam konsep Pengendalian Hama Terpadu, penggunaan bahan kimia untuk pengendalian penyakit tanaman merupakan solusi alternatif pilihan terakhir. Jenis-jenis fungisida yang direkomendasikan untuk pengendalian penyakit yang disebabkan oleh jamur masih sangat banyak jumlahnya. Salah satu cara untuk mengurangi frekuensi pemberian fungisida dalam pengendalian penyakit luka api pada tanaman tebu adalah menggunakan fungisida yang memiliki efektivitas tinggi dan diaplikasikan berdasarkan tingkat kerusakan tanaman yang diperkirakan akan menimbulkan kerugian secara ekonomi.

Tanaman tebu yang terserang penyakit luka api *U. scitaminea* dengan intensitas serangan hingga 10% tidak mempengaruhi hasil rendemen gula tebu. Hasil yang dicapai pada tingkat serangan 10% secara statistik tidak berbeda nyata dengan hasil dari perlakuan yang disemprot dengan berbagai jenis fungisida selama fase pertumbuhan tanaman dengan selang waktu aplikasi 10 hari. Dengan demikian, aplikasi fungisida dianjurkan pada saat intensitas serangan penyakit luka api lebih besar dari 10% (Sumartini, 2005).

2.3 Jamur Endofit

2.3.1 Pengertian Jamur Endofit

Jamur endofit adalah jamur yang hidup di dalam jaringan tanaman yang tidak terpapar udara dan tidak menginduksi penyakit pada tanaman inang. Mikroba ini tidak menimbulkan penyakit, dan bahkan dapat mensintesis sejumlah alkaloid pada saat terjadi fotosintesis pada tanaman inang. Zat tersebut berfungsi sebagai racun dan atau pertahanan terhadap nematoda, serangga, serta mamalia herbivora (Suada, 2006). Mikroba endofit hidup di dalam jaringan tanaman pada periode tertentu dan mampu hidup dengan membentuk koloni dalam jaringan tanaman tanpa membahayakan inangnya. Setiap tanaman tingkat tinggi dapat mengandung

beberapa mikroba endofit yang mampu menghasilkan senyawa biologi atau metabolit sekunder yang diduga sebagai akibat koevolusi atau transfer genetik dari tanaman inangnya ke dalam mikroba endofit (Radji, 2005).

Jamur endofit merupakan mikroorganisme yang berada dalam jaringan tanaman hidup tanpa menyebabkan pengaruh yang merugikan bagi tanaman tersebut (Bacon dan White, 2000), tetapi mungkin bisa menjadi patogen selama proses penuaan (Rodriguez dan Redman, 2008). Mayoritas endofit berpindah secara horizontal ke inangnya melalui spora dari udara. Sebaliknya, beberapa endofit mungkin juga berpindah secara vertikal ke generasi selanjutnya melalui biji. Pencarian mengenai keanekaragaman mikroorganisme merupakan tantangan bagi mikrobiologi modern (Gamboa *et al.*, 2002). Berbeda dengan organisme lainnya, mikroba mencakup semua relung di permukaan bumi (Gunatilaka, 2006). Secara tradisional, endofit diidentifikasi berdasarkan karakter morfologi yang kemungkinan jumlahnya berada di bawah perkiraan dari jumlah tipe, khususnya yang berada di bawah tingkat jenis, misalnya tingkat genotip.

2.3.2 Peran Jamur Endofit

Jamur endofit merupakan jamur yang hidup pada hidup pada jaringan tanaman dan tidak menimbulkan gejala serta perubahan, walaupun memiliki strategi hidup yang berbeda dengan inang. Endofit dapat hidup secara individual dan kelompok. Asosiasi endofit dengan tanaman dapat berupa mutualisme, komensalisme, patogen laten dan eksploitasi (Schulz *et al.*, 2006).

Keberadaan jamur endofit sangat penting terkait dengan biodiversitas jamur dan komunitas tanaman. Macam interaksi antara jamur endofit dengan tanaman inangnya berupa mutualisme atau simbiosis antagonis terhadap patogen (Arnold, 2007). Jamur endofit memiliki peranan penting pada jaringan tanaman inang yang memperlihatkan interaksi mutualistik, yaitu interaksi positif dengan inangnya dan interaksi negatif terhadap organisme pengganggu tanaman (Azevedo *et al.*, 2000).

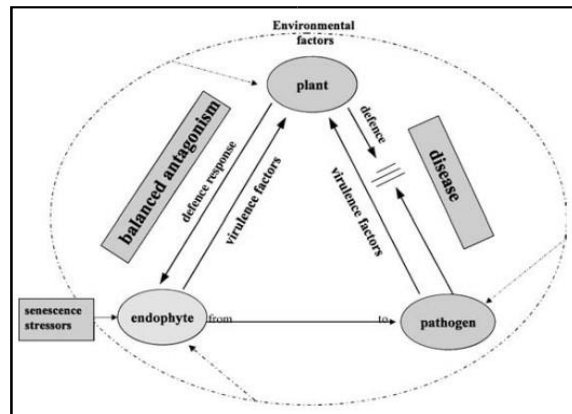
Hubungan antara endofit dan tanaman inang dapat dijelaskan dalam bentuk inang spesifik, inang dominan, inang selektif dan inang kesukaan (Cohen, 2006). Inang spesifik yaitu endofit hanya memiliki satu inang atau satu kelompok inang yang memiliki kesamaan spesies. Inang dominan yaitu endofit memiliki beberapa inang yang memiliki habitat sama. Inang selektif yaitu endofit lebih menyukai salah satu jenis inang dibandingkan yang lain. Inang kesukaan yaitu endofit memiliki banyak inang pada satu famili dan habitat sama (Selim *et al.*, 2012).

Kolonisasi jamur endofit dapat menginduksi tanaman untuk menghasilkan senyawa dan beberapa jenis senyawa yang telah ada dalam jaringan tanaman dapat bertambah kuantitasnya sebab keberadaan jamur endofit (Huang *et al.*, 2008). Jamur endofit dapat menginfeksi tumbuhan sehat pada jaringan tertentu dan mampu menghasilkan mikotoksin, enzim serta antibiotik. Keunggulan jamur ini sebagai agens pengendali hayati yaitu mampu meningkatkan ketersediaan nutrisi, dan menghasilkan hormon pertumbuhan tanaman inang. Jamur endofit yang diisolasi dari tumbuhan obat akan memiliki aktivitas senyawa bioaktif yang sama atau bahkan lebih baik dibandingkan dengan tumbuhan inangnya (Anggraini, 2012). Jamur endofit sebagai agens antagonis seperti *Penicillium* sp. dan *Acremonium* sp. dilaporkan dapat menghambat perkembangan jamur *U. tepperianum* dan beberapa jenis serangga hama pada tanaman sengon (Wiryadiputra, 2007).

2.3.3 Jamur Endofit pada Tebu

Jamur endofit yang pernah ditemukan pada tebu yaitu *Hormiscium* sp. bersifat antagonis dan menghambat *Xanthomonas albilineals*. penyebab Penyakit vascular bakteri pada tebu. *Hormiscium* sp. yang diisolasi dari tebu dilaporkan mampu menghambat penyakit vascular bakteri pada tebu dengan diameter zona hambat 9,04 mm menggunakan sterilisasi autoklaf (Wahyuni *et al.*, 2016).

Jamur dapat masuk ke dalam tanaman dengan cara masuknya hifa ke dalam akar melalui rongga intrasel epidermis sehingga mengakibatkan sel akar berlubang dan terjadinya penetrasi hifa (Handayani, 2011). Jamur endofit dapat berpindah dari satu tanaman ke tanaman lain melalui benih. Miselium jamur tumbuh selama masa pembentukan batang dan daun, kemudian hidup dalam jaringan daun dan batang (Aly *et al.*, 2011). Saat berasosiasi dengan tanaman inangnya, jamur endofit juga memiliki pengaruh terhadap jamur patogen tumbuhan. Senyawa metabolit yang dikeluarkan jamur endofit dapat mencegah atau menghambat pertumbuhan patogen tanaman (Gambar 8).



Gambar 8. Mekanisme jamur endofit dalam ketahanan tanaman (Schulz *et al.*, 2005)

Koloni endofit yang tidak menimbulkan gejala merupakan bentuk interaksi keseimbangan antagonis antara tanaman inang dengan endofit, termasuk virulensi endofit dan pertahanan tanaman. Interaksi antara inang dan endofit dapat menjadikan ketidakseimbangan antara penyakit pada tanaman, sehingga pertahanan tanaman mampu membunuh atau menghambat patogen. Interaksi dapat dikatakan seimbang atau tidak bergantung pada kondisi inang, virulensi jamur, dan ketahanan tanaman. Virulensi jamur dan ketahanan tanaman dipengaruhi oleh faktor lingkungan, kondisi nutrisi, dan fase perkembangan inang (Schulz *et al.*, 2005).

Kemampuan jamur endofit dalam meniru dan memproduksi metabolit sekunder dari tanaman inangnya diduga disebabkan karena jamur endofit mengalami rekombinasi genetik atau dengan kata lain mengadopsi beberapa genetik dari inangnya melalui suatu proses evolusi di dalam jaringan tanaman inang. Keberhasilan interaksi antara jamur endofit dan tanaman inang menunjukkan adanya evolusi mekanisme regulasi secara mandiri yang unik antara jamur endofit dan tanaman (Yuan *et al.*, 2008). Interaksi antara mikroba endofit dengan inangnya, endofit akan mendapat keuntungan berupa adanya pasokan nutrisi, terlindungi dari tekanan lingkungan yang kurang menguntungkan, yang membantu dalam upaya reproduksi dan kolonisasi. Di sisi lain, tanaman inang pada umumnya dapat memperoleh keuntungan berupa adanya penginduksian ketahanan terhadap berbagai tekanan, baik oleh faktor biotik maupun abiotik, dan juga dapat meningkatkan pertumbuhannya, yaitu melalui produksi fitohormon, peningkatan terhadap nutrisi, serta sintesis metabolit antagonistik (Agusta, 2009).

Mekanisme endofit dalam melindungi tanaman terhadap serangan serangga ataupun patogen sebagai berikut:

1. Penghambatan pertumbuhan patogen secara langsung melalui senyawa antibiotik dan enzim litik yang dihasilkan.
2. Penghambatan secara tidak langsung melalui perangsangan endofit terhadap tanaman dalam pembentukan metabolit sekunder seperti asam salisilat, asam jasmonat, dan etilene yang berfungsi dalam meningkatkan ketahanan tanaman terhadap serangan patogen atau yang berfungsi sebagai antimikroba seperti fitoaleksin.
3. Perangsangan pertumbuhan tanaman sehingga lebih tahan terhadap serangan patogen.
4. Kolonisasi jaringan tanaman sehingga patogen sulit penetrasi.
5. Hiperparasit.

Mekanisme mikroba antagonis sebagai agens biokontrol patogen tanaman dibedakan menjadi dua yaitu penghambatan langsung dan penghambatan tidak langsung. Penghambatan langsung, mikroba endofit umumnya menekan patogen dengan memproduksi antibiotika dan menyekresi enzim sedangkan pada penghambatan tidak langsung, mikroba endofit umumnya menyebabkan perubahan pada morfologi dan biokimia atau fisiologi tanaman termasuk respon hipersensitif dan respon perubahan produksi fitoaleksin yang menyebabkan terbentuknya sifat ketahanan tanaman terhadap penyakit atau *induced systemic resistance* (ISR) atau induksi ketahanan sistemik (Gao *et al.*, 2010). Mekanisme mikroba antagonis terhadap patogen sebagai berikut:

1. Antibiosis. Pada mekanisme ini mikroba endofit akan menghasilkan senyawa yang bersifat toksik terhadap patogen. Kemampuan mikroba untuk menghasilkan senyawa toksik bergantung pada tempat, konsentrasi atau populasi dalam perakaran tanaman dan umumnya menyebar di sekitar perakaran tanaman tersekat dan bisa masuk kedalam tanah (Sastrahidayat, 2012).
2. Induksi Ketahanan Sistemik. Mekanisme ini disebut resistensi sistemik terinduksi (*Induced Systemic Resistance* atau ISR) didefinisikan sebagai perlindungan sistemik pada tanaman yang ditumbulkan oleh suatu agensia biokontrol setelah diaplikasikan pada salah satu bagian tanaman.
3. Kompetisi. Mekanisme kompetisi terjadi antara agens hayati dengan patogen dan kompetisi antara keduanya bisa berupa kompetisi ruang, nutrisi dan kompetisi menyebabkan reduksi populasi patogen (Obura, 2012). Interaksi endofit terhadap tanaman dipengaruhi oleh adanya eksudat yang dihasilkan jaringan tanaman sehingga menyebabkan endofit harus mencari tempat untuk mengkolonisasi jaringan tanaman (Gao *et al.*, 2010).

2.3.4 Faktor yang Mempengaruhi Jumlah Jamur Endofit pada Tanaman

Beberapa faktor yang mempengaruhi mikroba endofit di dalam jaringan tanaman diantaranya adalah biologi tanaman, umur tanaman, kondisi endemis, sejarah botani, dan kondisi lingkungan. Mikroorganisme endofit memiliki potensi yang besar untuk digunakan sebagai sumber zat kimia bahan alam yang memiliki khasiat farmakologis maupun mengobati penyakit akibat infeksi (Farhan, 2010).

Endofit dapat ditemukan pada berbagai spesies tanaman dan dapat mempengaruhi fisiologi tanaman inangnya. Melimpahnya kandungan nutrisi dan mikroorganisme di dalam tanah mengakibatkan tumbuhnya jamur di dalam jaringan tanaman. Spesifikasi jaringan tanaman juga berpengaruh terhadap keberadaan jamur endofit. Ditemukan lebih banyak jamur endofit pada jaringan daun, batang dan buah dibandingkan jaringan bunga dan akar. Dari 29 jenis tanaman obat yang diisolasi, terdapat 549 isolat yang diperoleh dari jaringan daun (Huang *et al.*, 2008).

Setiap jamur endofit memiliki perbedaan kesukaan pada tipe jaringan tanaman. Hal ini diperkirakan sebagai gambaran kapasitas untuk bertahan dengan substrat spesifik seperti senyawa kimia penyusun jaringan dan tekstur jaringan (Srinivas *et al.*, 2015). Sebaran keragaman jamur endofit juga dapat dipengaruhi oleh perbedaan kondisi lingkungan, seperti kelembaban, temperatur, curah hujan dan sumber inokulum yang potensial (Santamaria *et al.*, 2005). Endofit yang berhasil diisolasi dapat menunjukkan keadaan bioaktivitasnya. Dibutuhkan seleksi dari spesies tanaman karena keberadaan endofit dapat dipengaruhi oleh keunikan biologi tanaman, umur tanaman, kondisi endemis, sejarah botani, dan kondisi lingkungan (Selim *et al.*, 2012).

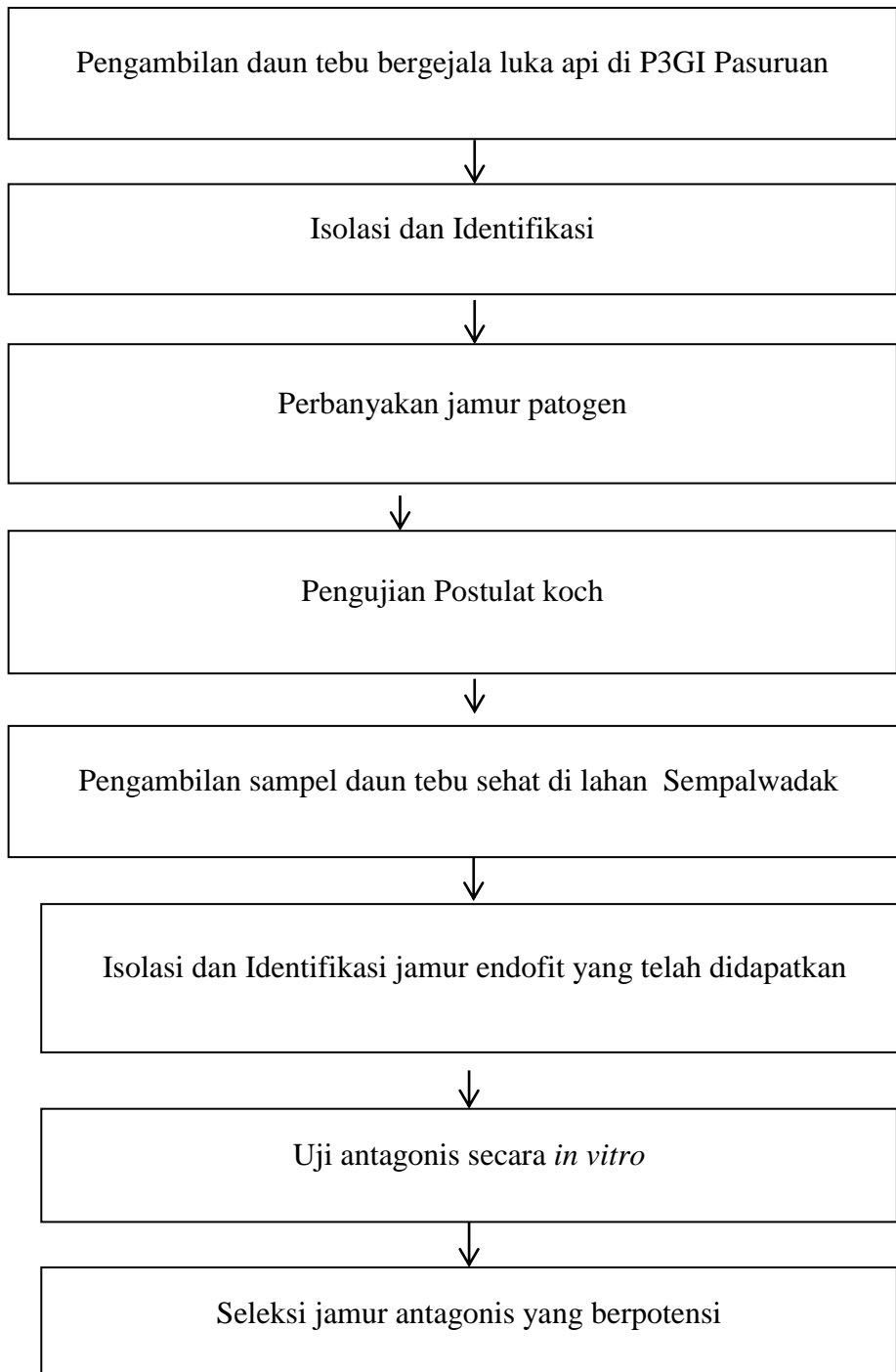
2.4 Pengujian Antagonis

Antagonis merupakan peristiwa yang menyebabkan tertekannya aktivitas suatu mikroorganisme apabila dua mikroorganisme atau lebih berada pada tempat yang berdekatan. Uji antagonis merupakan pengujian yang digunakan untuk membuktikan bahwa mikroorganisme yang bersifat antagonis dapat menghambat aktivitas mikroorganisme lain yang berada di tempat yang berdekatan. Mikroorganisme yang bersifat antagonis ini memiliki pertumbuhan yang cepat sehingga dapat menutupi mikroorganisme yang berdekatan dengannya (Tuju, 2004).

3. METODE PENELITIAN

3.1 Kerangka Operasional Penelitian

Kerangka operasional menunjukkan langkah-langkah penelitian secara bertahap dan sistematis. Kerangka operasional disajikan pada Gambar 9.



Gambar 9. Kerangka operasional penelitian

3.2 Tempat dan Waktu

Penelitian telah dilaksanakan di Laboratorium Penyakit Tumbuhan, Jurusan Hama dan Penyakit Tumbuhan, Fakultas Pertanian, Universitas Brawijaya, Malang. Untuk pengambilan sampel tanaman di lahan tebu milik PG. Kebon Agung, di Desa Sempalwadak, Kecamatan Bululawang, Kabupaten Malang dan pengambilan sampel patogen luka api di lahan tebu Pusat Penelitian Perkebunan Gula Indonesia (P3GI), Pasuruan pada bulan Februari sampai Juni 2018.

3.3 Alat dan Bahan

Alat yang digunakan dalam penelitian ini antara lain timbangan analitik, kompor listrik, panci, pengaduk, cawan Petri (d=9 cm), pisau, jarum Ose, Penggaris, autoclave, korek api, erlenmeyer, cork borer, mikroskop, kamera, bunsen, pinset, botol media, gelas ukur, jarum suntik, gelas objek, *cover glass*, *sprayer*, pipet tetes, gunting, *cutter*, dan *Laminar Air Flow Cabinet* (LAFC) dan buku panduan identifikasi jamur.

Bahan yang digunakan adalah daun tanaman tebu yang sehat, daun tebu yang terserang *U. scitaminea*, media *Potato Dextrose Agar* (PDA), akuades steril, spirtus, *plastic wrapping*, alkohol 70%, NaOCl 1%, NaOCl 5%, tanaman tebu varietas Bululawang, gliserol, tisu steril, kertas label, alumunium foil, dan antibiotik Chloramhenicol.

3.4 Metode Penelitian

Pelaksanaan Penelitian. Metode yang digunakan dalam penelitian ini yakni metode eksplorasi dan eksperimen. Pelaksanaan dari penelitian ini terdiri dari survei lokasi, pengambilan sampel tanaman, sterilisasi alat dan bahan, pembuatan media buatan, isolasi jamur endofit dan patogen, pemurnian, pembuatan preparat jamur, pengamatan dan identifikasi, pengujian postulat koch dan pengujian antagonis secara *in vitro*.

Survei Lokasi. Survei dilakukan dengan mengumpulkan informasi lahan yang terkait dengan penelitian. Pengumpulan informasi dilakukan dengan wawancara petani tebu dan studi literatur daerah endemis penyakit luka api.

Pengambilan Sampel Tanaman. Pengambilan sampel tanaman tebu dilakukan dengan membagi petak pertanaman tebu menjadi 4 kuadaran yaitu kuadaran I, II, III dan IV. Kemudian setiap kuadran diambil 5 sampel tanaman tebu yang sehat. Indikator dari tebu yang sehat dapat dilihat dari kondisi biologi tanaman, umur tanaman, kondisi endemis, kondisi lingkungan dan bebas dari gejala serangan hama dan penyakit tanaman.

Sterilisasi Alat dan Bahan. Sterilisasi merupakan kegiatan yang bertujuan untuk membersihkan alat dan bahan dari mikroba lain yang dapat menyebabkan kontaminasi. Sterilisasi yang dilakukan yaitu dengan mencuci peralatan dengan air mengalir. Selanjutnya di bungkus dengan kertas dan dibungkus dengan plastik yang tahan panas. Kemudian disterilisasi menggunakan autoklaf selama 30 menit pada suhu 121°C.

Isolasi Patogen. *U. scitaminea* diisolasi merujuk pada Didik (2017) yang diambil dari pucuk daun tanaman tebu yang terserang luka api di daerah endemisnya yaitu Pasuruan. Daun yang diambil mempunyai gejala cambuk hitam di pucuk daun, kemudian memotong bagian daun tebu yang sakit sepanjang 7 cm. Daun direndam pada NaOCl 1%, selama 1 menit dan dibilas menggunakan akuades steril 2 kali masing-masing 1 menit, selanjutnya dikeringkan atau ditiriskan pada tisu steril. Kemudian diinkubasi di dalam cawan petri tertutup yang telah diberi tisu steril basah. Inkubasi dilakukan pada suhu ruang selama 3 hari. Miselia yang muncul dari permukaan jaringan tanaman diambil dengan jarum steril dan ditutup dengan *cover glass*. Kemudian diamati bentuk konidia dengan menggunakan mikroskop, lalu dicocokkan dengan ciri jamur *U. scitaminea* sesuai dengan buku panduan identifikasi. Selanjutnya miselia jamur di tanam pada media PDA sebagai biakan murni. Identifikasi juga merujuk pada pustaka yang menunjukkan ciri-ciri jamur yaitu Semangun (2004) dan Agrios (2004).

Pengujian Postulat Koch. Pengujian postulat koch dilakukan untuk memastikan bahwa jamur patogen yang didapatkan dari hasil isolasi merupakan patogen luka api yang menyerang tanaman tebu. Uji postulat koch ini dilakukan pada tanaman tebu berumur 3 bulan dengan metode pelukaan dengan cara memotong daun bagian pucuk menggunakan gunting.

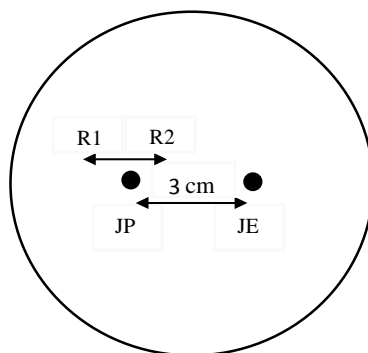
Isolasi Jamur Endofit. Isolasi jamur endofit dilakukan dengan mencuci bagian permukaan daun, batang dan akar dengan alkohol dan akuades agar steril dari jamur luar sehingga jamur yang tumbuh diharapkan berasal dari dalam jaringan daun tanaman tebu. Kemudian sampel daun dipotong sepanjang ± 1 cm. Potongan sampel di sterilkan dengan cara dicuci ke dalam larutan NaOCl 5% selama 1 menit dan selanjutnya direndam alkohol 70% selama 1 menit diulang 2 kali. Setelah itu dibilas dengan akuades 1 menit dan diulang 2 kali, lalu potongan sampel dikeringkan diatas tisu steril. Kemudian setelah kering potongan sampel ditanam ke media PDA didalam cawan Petri. Pada akuades bilasan terakhir diambil 1 ml dan dituang ke dalam media PDA yang baru untuk digunakan sebagai kontrol, jika pada media kontrol tumbuh jamur, maka sampel isolasi daun di media bukan merupakan jamur endofit. Untuk pengamatan dilakukan 2 hari sekali selama jamur endofit tampak tumbuh.

Pemurnian. Pemurnian dilakukan pada semua koloni jamur yang tumbuh dan dianggap berbeda berdasarkan kenampakan morfologi makroskopis meliputi warna dan bentuk koloni. Masing-masing jamur tersebut diambil dan dipisahkan kedalam media PDA baru dengan menggunakan jarum Ose. Jika jamur yang tumbuh masih bercampur dengan jamur lain maka dimurnikan kembali. Hal ini berfungsi untuk memperoleh isolat jamur endofit yang murni.

Pembuatan Preparat Jamur. Tahapan pertama yaitu menyiapkan *object glass*, kemudian mengambil sedikit bagian media PDA baru dan diletakkan di atas permukaan *object glass*. Hal ini untuk menjaga nutrisi selama jamur tersebut berada di preparat pada saat di inkubasi. Selanjutnya mengambil jamur dengan menggunakan jarum Ose dan diletakkan di atas *object glass* yang terdapat media PDA dan ditutup dengan *cover glass*. Kemudian preparat diletakkan di dalam wadah yang berisi tisu basah steril dan di inkubasi selama 4 hari.

Pengamatan dan Determinasi. Isolat jamur endofit yang telah dimurnikan, kemudian diamati secara makroskopis maupun mikroskopis. Hasil pengamatan digunakan untuk determinasi berdasarkan panduan buku *Illustrated Genere of Imperfect Fungi fourth edition* (Barnet dan Hunter, 1972) dan buku Pengenalan Kapang Tropik Umum (Gandjar, 1999). Jamur yang di determinasi sampai tingkat genus.

Pengujian Antagonis. Uji antagonis isolat jamur endofit dengan patogen *U. scitaminea* menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) secara *In vitro*, dimana setiap perlakuan diulang 3 kali. Pengujian antagonis mengacu pada Intan *et al.*, (2014) dengan menggunakan metode oposisi langsung yaitu pengujian berlawanan antara jamur endofit dan *U. scitaminea* secara berhadapan langsung dengan jarak 3 cm dalam cawan petri 9 cm berisi media PDA. Isolat jamur endofit yang diperoleh dipilih 3 jamur dengan hasil terbaik dan 3 kali ulangan dengan tujuan untuk memastikan bahwa jamur endofit berpotensi menghambat pertumbuhan patogen secara *in vitro*.



Gambar 10. Uji antagonis metode oposisi langsung

Presentase daya hambat jamur antagonis dapat diketahui melalui pertumbuhan koloni yang dihitung dengan menggunakan rumus:

$$P = \frac{R1 - R2}{R1} \times 100\%$$

Keterangan:

P = Presentase penghambatan (%)

R1 = Jari-jari koloni patogen yang arah pertumbuhannya berlawanan dengan jamur endofit.

R2 = Jari-jari koloni patogen yang arah pertumbuhannya mendekati koloni jamur antagonis.

3.5 Analisis Data

Rancangan percobaan yang digunakan adalah Rancangan Acak Lengkap (RAL). Data yang diperoleh dari hasil pengamatan dianalisa secara statistik menggunakan analisis ragam (Anova) dan apabila terdapat perbedaan nyata akan diuji lanjut dengan uji Duncan (DMRT) pada taraf kepercayaan 95%.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Isolasi dan Identifikasi Jamur penyebab Penyakit Luka Api

Patogen luka api pada tanaman tebu yang sakit di peroleh dari laha tebu milik Pusat Penelitian Perkebunan Gula Indonesia (P3GI), Pasuruan. Isolasi patogen *U. scitaminea* merujuk pada Didik *et al.*, (2017) dengan cara memotong cambuk hitam pada pucuk daun tebu yang bergejala luka api. Kemudian memotong bagian daun tebu yang sakit sepanjang 7 cm, direndam pada NaOCl 1%, selama 1 menit dan dibilas menggunakan akuades steril 2 kali masing-masing 1 menit. Lalu dikeringkan atau ditiriskan pada tisu steril. Kemudian diinkubasi di dalam cawan petri tertutup yang telah diberi tisu steril basah. Inkubasi dilakukan pada suhu ruang selama 3 hari. Kemudian miselia yang terdapat pada permukaan jaringan di tanam ke media PDA barulah didapatkan biakan murni *U. scitaminea* (Gambar 20).



Gambar 20. Isolasi jamur *U. scitaminea* pada: A. lahan tebu; B. Inkubasi pada tisu

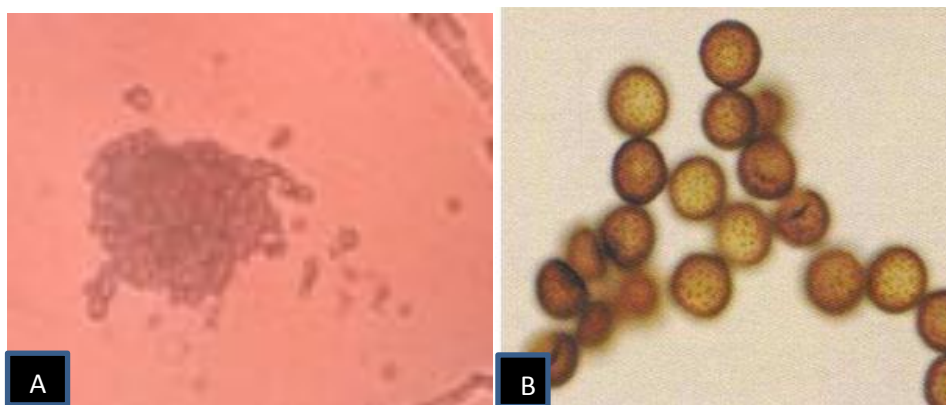
Hasil pengamatan secara makroskopis menunjukkan bahwa koloni jamur *U. scitaminea* berwarna putih dengan hifa tebal yang menyebar rata ke seluruh permukaan media.

Pada pengamatan berumur 7 hari didapatkan ciri-ciri makroskopis yaitu permukaan koloni berwarna putih, pertumbuhan koloni melingkar, miselium halus, bagian tepi siliat (Gambar 21).



Gambar 21. Isolat murni jamur *U. scitaminea* umur 7 hari pada media PDA

Pada pengamatan mikroskopis *U. scitaminea* tampak jamur mempunyai hifa bersekat, konidia berbentuk bulat dan berwarna coklat. (Gambar 22).



Gambar 22. Kenampakan mikroskopis jamur *U. scitaminea*. dengan perbesaran 10x40 mm: A. umur 2 hari; B. umur 5 hari

Semangun (1996) mengemukakan bahwa *U. scitaminea* mempunyai konidiofor bersekat-sekat dan membentuk konidium pada ujungnya. Konidium *U. scitaminea* berbentuk bulat telur. Tiap sel membentuk satu sporidium hialin dan oval. Sporidium ini dapat membentuk hifa atau sporidium sekunder. Klamidospora merupakan pertahanan jamur dalam tanah yang kering maupun sisa tanaman sakit. Penyebaran klamidospora utamanya terjadi melalui bantuan angin dan air.

4.2 Pengujian Postulat Koch

Pengujian postulat koch yang telah dilakukan untuk memastikan bahwa jamur *U. scitaminea* yang didapatkan dari hasil isolasi merupakan patogen yang

menyebabkan penyakit luka api pada tebu. Hasil uji postulat koch menunjukkan gejala serangan berupa cambuk hitam pada bagian pucuk daun yang diinokulasi jamur dengan cara pelukaan. Ciri-ciri gejala yang muncul ditunjukkan dengan perubahan warna pucuk daun dari hijau menjadi berwarna hitam dan pertumbuhannya terhambat sehingga ukurannya menjadi lebih pendek dibandingkan dengan tanaman tebu yang sehat. Tanaman yang bergejala diisolasi kembali untuk mendapatkan isolat jamur *U. scitaminea* yang sama dengan isolasi awal. Pengujian ini dilakukan pada tanaman tebu varietas Bululawang yang berumur 3 bulan di polibag.

Uji patogenesitas dilakukan untuk mengetahui perkembangan penyakit pada tanaman tebu secara alami. Metode yang digunakan untuk uji patogenesitas yaitu penyiraman suspensi patogen luka api dengan melukai daun. Metode tersebut lebih cepat menimbulkan gejala serangan penyakit disebabkan luka buatan dengan tusukan jarum hampir mirip dengan yang terjadi di alam (Hartati dan Karyani, 2014). Penyakit luka yang disebabkan patogen *U. scitaminea* muncul pada 1 minggu setelah inokulasi. Minggu pertama setelah inokulasi, daun mengalami nekrotik dan bagian pucuk daun sedikit mengalami perubahan warna dari hijau menjadi warna hitam seperti terbakar. Hasil dari inokulasi patogen *U. scitaminea* memperlihatkan gejala yang sama dengan gejala penyakit dari penyakit luka api (Gambar 23)



Gambar 23. Gejala serangan luka api pada tanaman tebu berumur 3 bulan.

Pengamatan hasil reisolasi dari postulat koch secara makroskopis pada media PDA menunjukkan koloni jamur berwarna putih yang kemudian berubah menjadi putih kecoklatan. Dasar koloni berwarna putih dan memiliki

tekstur seperti kapas. Pengamatan secara mikroskopis menunjukkan isolat jamur memiliki hifa bersekat, berwarna hialin, menghasilkan makrokonidia berbentuk bulan sabit dan bersekat, mikrokonidia berbentuk bulat, serta menghasilkan kladospora berbentuk bulat. Pengamatan isolat jamur *U. scitaminea* secara makroskopis dan mikroskopis dari postulat koch menunjukkan hasil yang sama seperti hasil isolasi awal, hal ini menunjukkan bahwa jamur *U. scitaminea* hasil isolasi merupakan penyebab penyakit luka api pada tanaman tebu.

Patogen hasil isolasi dapat dikatakan sebagai penyebab penyakit ketika memenuhi kaidah koch yaitu (i) patogen tersebut didapatkan berasosiasi dengan penyakit pada tumbuhan sakit yang diuji, (ii) patogen harus dapat diisolasi dan ditumbuhkan pada media biakan jika bersifat parasit non obligat atau dapat diisolasi pada tumbuhan inang yang rentan jika bersifat parasit obligat, (iii) patogen hasil biakan murni harus dapat diinokulasikan pada tumbuhan sehat dari spesies atau varietas yang sama dengan tempat penyakit tersebut muncul dan patogen tersebut harus menghasilkan gejala penyakit yang sama pada tumbuhan yang telah diinokulasi, (iv) patogen yang telah muncul harus dapat diisolasi kembali dan harus memiliki sifat sama dengan langkah kedua (Agrios, 1997).

4.3 Hasil Identifikasi Isolat Jamur Endofit

Hasil isolasi dan pemurnian jamur endofit dari daun tanaman tebu yang sehat ditemukan 7 isolat jamur. Kemudian dilakukan identifikasi dari jamur yang telah ditemukan (dapat dilihat pada Tabel 1)

Tabel 1. Daftar hasil isolasi dan identifikasi jamur endofit pada tanaman tebu

Jaringan Tanaman	Genus
Tebu	1. <i>Aspergillus</i> sp. 2. <i>Penicillium</i> sp. 3. <i>Aspergillus</i> sp. 1 4. <i>Trichoderma</i> sp. 5. <i>Fusarium</i> sp. 6. <i>Penicillium</i> sp. 1 7. Isolat ET 7

Berdasarkan Tabel 1 di atas, pada isolasi bagian daun tanaman tebu ditemukan 7 isolat jamur endofit. Hasil dari 7 isolat jamur endofit tersebut terdapat 2 jamur endofit yang sama terdiri dari 6 yang teridentifikasi dan 1 yang tidak teridentifikasi. Jamur yang teridentifikasi antara lain isolat ET 1 (*Aspergillus* sp.), isolat ET 2 (*Penicillium* sp.),

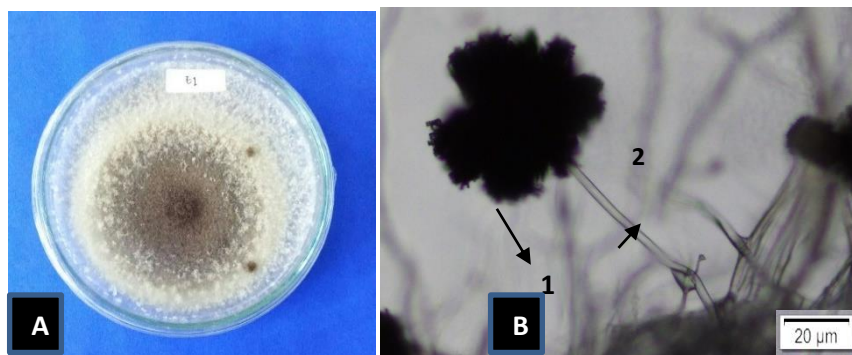
isolat ET 3 (*Aspergillus* sp.1) isolat ET 4 (*Trichoderma* sp.), isolat ET 5 (*Fusarium* sp.), isolat ET 6 (*Penicillium* sp. 1) dan yang tidak teridentifikasi yaitu isolat ET 7.

1. Isolat ET 1 (*Aspergillus* sp.)

Makroskopis. Pengamatan makroskopis pada media PDA menunjukkan pertumbuhan koloni berbentuk bundar dengan warna putih dan terdapat granul hitam seperti pasir pada permukaan koloni. Warna dasar koloni putih dan tidak mempunyai lingkaran konsentris. Koloni jamur mempunyai elevasi rata, tidak transparan, dan tepi siliat. Pertumbuhan koloni tergolong cepat saat berumur 7 hari diameter koloni mencapai 9 cm.

Mikroskopis. Pengamatan mikroskopis menunjukkan konidiofor berwarna hialin, berbentuk tegak panjang, dan tidak bersekat. Konidia berbentuk bulat, dan berwarna cokelat. Hal ini sesuai dengan Noveriza (2007) bahwa *Aspergillus* memiliki konidiofor berbentuk tegak dan tunggal dengan ujung konidiofor yang membengkak berbentuk lonjong. Pada ujung konidiofor

bermunculan konidia bersel satu yang berbentuk menyerupai bola. Ciri spesifik dari *Aspergillus* adalah hifa aseptat dan miselium bercabang, sedangkan hifa yang muncul di permukaan umumnya hifa fertil. Koloni jamur berkelompok dengan konidiofor septat atau nonseptat yang muncul dari *foot cell*. Foot cell adalah miselium yang membengkak di bagian pangkal dan berdinding tebal. Konidiofor membengkak menjadi vesikel pada ujungnya, selanjutnya terbentuk dan tumbuh konidia. Berdasarkan deskripsi tersebut isolat ET1 ini adalah genus *Aspergillus* (Gambar 13)

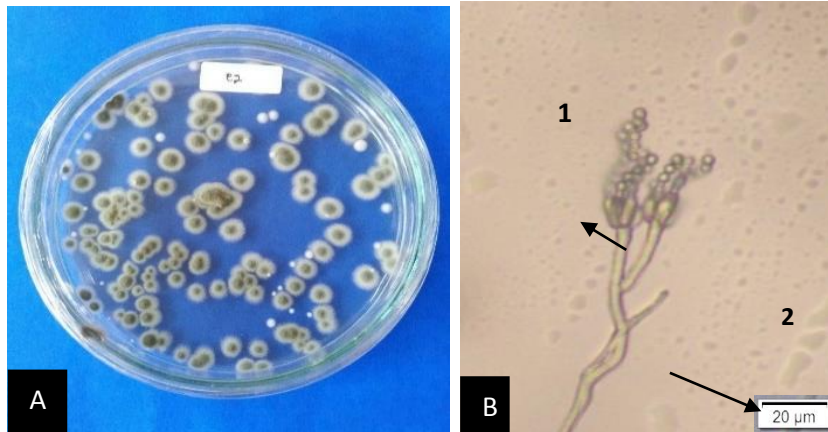


Gambar 13. Koloni jamur *Aspergillus* sp. umur 7 hari pada media PDA; A. Makroskopis; B. Mikroskopis; (1) Konidia (2) Konidiofor

2. Isolat ET 2 (*Penicillium* sp.)

Makroskopis. Pengamatan makroskopis pada media PDA menunjukkan warna koloni saat muda berwarna abu-abu kehijauan dan saat koloni tua berubah menjadi hijau

kecoklatan dengan bagian tepi berwarna putih. Warna balik koloni coklat tua, bentuk koloni bundar dan tidak mempunyai lingkaran konsentris. Pertumbuhan koloni saat umur 7 hari mencapai 9 cm. berbentuk elips seperti telur serta berdiameter 7,75-14 μm . Konidiofor tegak, tidak simetris dan berbentuk sapu (Gambar 14)



Mikroskopis. Pengamatan mikroskopis menunjukkan hifa bersekat. Konidiofor tegak

bercabang. Konidia melimpah menyerupai rantai berbentuk bulat, berwarna coklat,

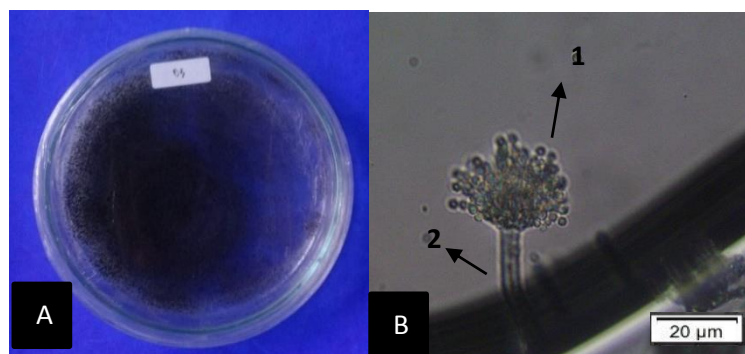
Gambar 14. Koloni Jamur *Penicillium* sp.1 umur 7 hari pada media PDA;
A.Makroskopis B. Mikroskopis; (1) Konidia (2) Konidiofor

Hal ini sesuai dengan Barnet dan Hunter (1972) warna koloni *Penicillium* spp pada media PDA berwarna abu-abu kehijauan. Setelah 7 hari pada suhu mencapai 30-42 mm, terlihat seperti beludru atau butiran atau benang wool, kadang menghasilkan sinema pada bagian tepi. Konidia berwarna hijau abu- abu dan kadang menghasilkan eksudat bening. Konidiofor dari beberapa strain ber tumpuk membentuk sinema, khususnya pada bagian tepi koloni. Konidia terbentuk diujung hifa udara, umumnya 2-3 tingkat percabangan dengan sikat licin dan pan ang, rata-rata sikat antara 200-400 μm dan lebar 3,5-5 μm . Perkembangbiakan dari jamur *Penicillium* spp hampir sama dengan *Aspergillus* spp, tetapi struktur morfologinya sangat berbeda, memproduksi miselium sederhana dan panjang konidiofor tegak dengan percabangan dua atau tiga menghadap ke ujung, dalam karakteristik simetris atau tidak simetris berbentuk sapu, percabangan konidiofor berakhir, pada kelompok phiallid. Penyebaran konidia dalam rantai mempunyai bentuk yang khusus menyerupai kepala sikat, konidia berbentuk bulat, oval atau bulat panjang. Berdasarkan deskripsi tersebut isolat ET 2 ini adalah genus *Penicillium*.

3. Isolat ET 3 (*Aspergillus* sp.1)

Makroskopis. Pengamatan makroskopis pada media PDA menunjukkan warna koloni saat muda berwarna hitam. Warna balik koloni abu-abu kehitaman, bentuk koloni bundar dan tidak mempunyai lingkaran konsentris. Permukaan halus seperti serbuk, elevasi timbul, tidak transparan, dan tepian bercabang. Pertumbuhan koloni cepat dengan diameter koloni saat umur 6 hari mencapai 9 cm.

Mikroskopis. Pengamatan mikroskopis menunjukkan hifa bersekat. Konidiofor pendek, berwarna hialin atau transparan. Konidia tunggal, berwarna hitam, berbentuk bulat berdiameter 13,24 μm . Hal ini sesuai dengan pernyataan Gandjar (1999) bahwa *Aspergillus* memiliki konidiofor tidak berwarna hingga cokelat. Konidia tunggal, berwarna cokelat atau hitam, berbentuk bulat atau elips serta berdiameter 14-20 μm . Berdasarkan deskripsi kenampakan ciri makroskopis dan mikroskopis tersebut isolat ET 3 ini adalah genus *Aspergillus* (Gambar 15)



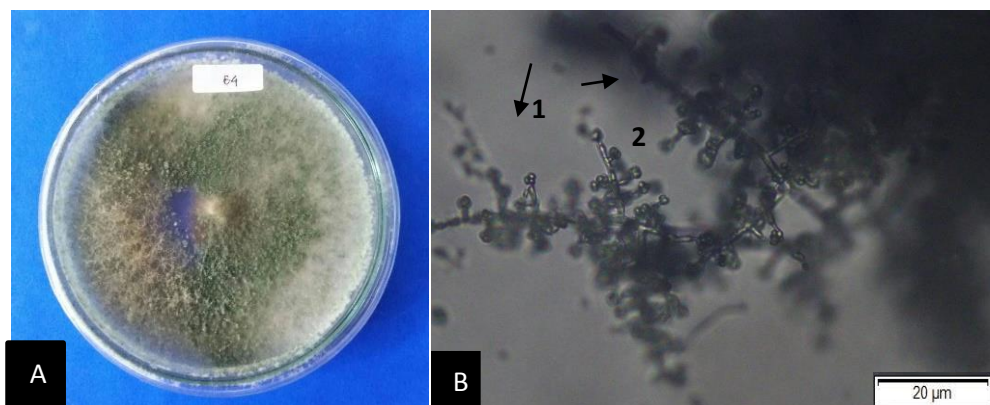
Gambar 15. Morfologi Jamur *Aspergillus* sp.2 A. Biakan murni umur 6 hari pada media PDA, B. Mikroskopis; (1) Konidia (2) Konidiofor

1. Isolat ET 4 (*Trichoderma* sp.)

Makroskopis. Berdasarkan pengamatan makroskopis pada media PDA menunjukkan warna koloni saat muda berwarna putih hialin kemudian berubah menjadi hijau muda dan saat koloni tua berubah menjadi hijau tua. Warna balik koloni hijau, bentuk koloni bundar dan mempunyai lingkaran konsentris. Permukaan kasar dan terdapat butiran halus, elevasi timbul, dan tepian siliat. Pertumbuhan koloni tergolong cepat dengan diameter koloni saat umur 3 hari mencapai 9 cm.

Mikroskopis. Berdasarkan pengamatan mikroskopis menunjukkan konidiofor bercabang, memiliki fialid, dan hialin. Konidia berbentuk bulat dan hialin dengan ukuran 2,5-3 μm . Hal ini sesuai dengan pernyataan Barnett dan Hunter (1972) bahwa konidiofor bercabang dan hialin, fialid tunggal atau berkelompok. Konidia hialin dan

berbentuk bulat telur. Secara mikroskopis konidiofor jamur tegak, bercabang banyak dan teratur, agak berbentuk kerucut, konidia berbentuk oval, dan dapat membentuk klamidospora. *Trichoderma* mempunyai habitat yang tersebar luas pada berbagai jenis tanah dan substrat organik. Jamur ini terdiri dari berbagai spesies dan strain dengan kriteria yang berbeda-beda. Koloni *Trichoderma* sp dalam media biakan tumbuh dengan cepat, miselium hialin, bersepta dengan banyak percabangan hifa berdinding lembut. Warna koloni ada yang kekuningan, kuning dan hijau. Pada ujung konidiofor terbentuk fialid dengan bentuk seperti botol. Konidia berwarna hijau dan jernih, bentuk konidia sebagian besar bulat (Watanabe, 2002). Koloni *Trichoderma* pada awal inkubasi akan bewarna putih yang selanjutnya berubah menjadi kuning dan akhirnya berubah menjadi hijau tua pada umur inkubasi lanjut. Konidiumnya berbentuk bulat, agak bulat sampai bulat telur pendek (Gambar 16).



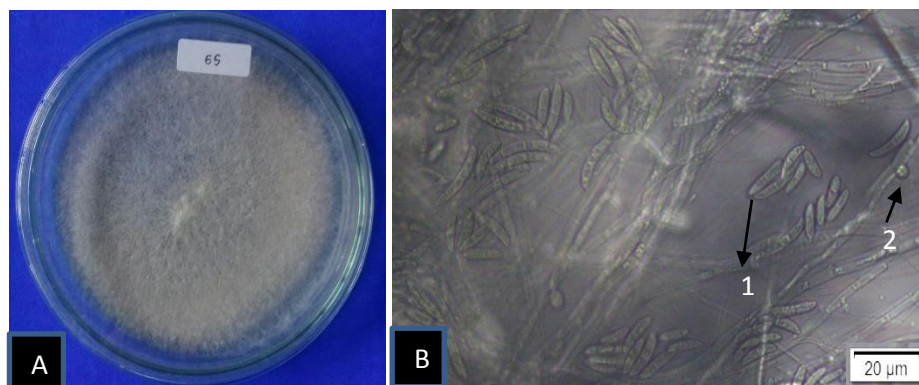
Gambar 16. Morfologi Jamur *Trichoderma* sp. A. Biakan murni umur 5 hari pada media PDA, B. Mikroskopis; (1) Konidia (2) Konidiofor

5. Isolat ET 5 (*Fusarium* sp)

Makroskopis. Pengamatan makroskopis pada media PDA menunjukkan koloni berwarna putih dan warna balik koloni berwarna putih agak krem. Bentuk koloni tidak beraturan dan menyebar serta tidak memiliki lingkaran konsentris. Permukaan halus seperti kapas, elevasi timbul, tidak transparan, dan tepian seperti wol. Pertumbuhan diameter koloni saat umur 6 hari mencapai 6,5 cm.

Mikroskopis. Pengamatan mikroskopis menunjukkan hifa bersekat. Konidiofor tidak bercabang. Konidia bersepta 5, bentuknya lancip dengan ujung melengkung seperti bulan sabit, dan panjang konidia berukuran 38,83 μm . Hal ini sesuai dengan pernyataan Gandjar (1999) bahwa konidiofor dapat bercabang atau tidak. Pengamatan secara mikroskopis menunjukkan isolat jamur memiliki hifa bersekat, berwarna hialin,

menghasilkan makrokonidia berbentuk bulan sabit dan bersekat, dan mikrokonidia berbentuk bulat. Makrokonidia bersepta 3-5, berbentuk fusiform, sedikit membengkok, meruncing pada kedua ujungnya dan berukuran 27-46 x 3-4,5 μm . Ciri spesifik dari *Fusarium* adalah mempunyai 3 alat reproduksi, yaitu mikrokonidia (1-2 sel), makrokonidia (3-5 septa), dan klamidospora (pembengkakan pada hifa). Makrokonidia berbentuk melengkung, panjang dengan ujung yang mengecil dan mempunyai satu atau tiga buah sekat. Mikrokonidia merupakan konidia bersel 1 atau 2, dan paling banyak dihasilkan di setiap lingkungan bahkan pada saat patogen berada dalam pembuluh inangnya. Makrokonidia mempunyai bentuk yang khas, melengkung seperti bulan sabit, terdiri dari 3-5 septa, dan biasanya dihasilkan pada permukaan tanaman yang terserang lanjut. Klamidospora memiliki dinding tebal, dihasilkan pada ujung miselium yang sudah tua dan merupakan fase atau spora bertahan pada lingkungan yang kurang baik. Menurut Agrios (1997) dalam Susetyo (2010), miselium yang dihasilkan oleh jamur patogen, merah muda pucat sampai keunguan. Berdasarkan deskripsi makroskopis dan mikroskopis tersebut isolat ET 5 adalah genus *Fusarium*.

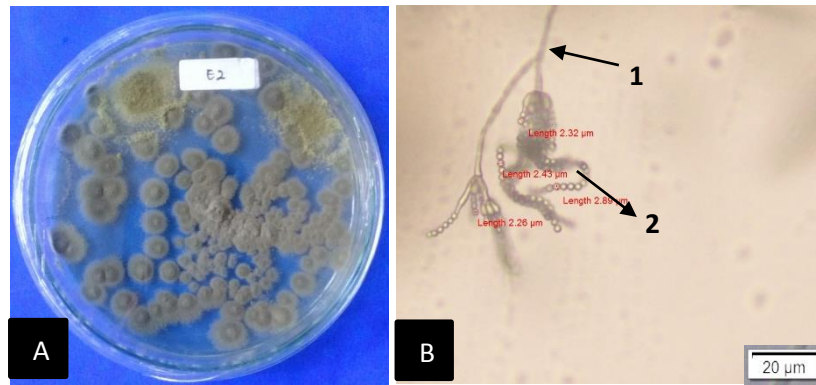


Gambar 17. Morfologi Jamur *Fusarium* sp. A. Biakan murni umur 6 hari pada media PDA, B. Mikroskopis; (1) makrokonidia (2) mikrokonidia

6. Isolat ET 6 (*Penicillium* sp. 1)

Makroskopis. Pengamatan makroskopis pada media PDA menunjukkan warna koloni saat muda putih kemudian berubah menjadi putih kehijauan. Warna balik koloni orange, bentuk koloni bundar dan mempunyai lingkaran konsentris. Permukaan bergelombang, elevasi timbul, tidak transparan, dan tepian bercabang. Diameter koloni saat umur 6 hari mencapai 5,7 cm.

Mikroskopis. Pengamatan mikroskopis menunjukkan hifa panjang, bersekat, berwarna cokelat dan ditengahnya terdapat bulatan. ditemukan konidia hingga hari ke 7 masa inkubasi. Berdasarkan deskripsi makroskopis dan mikroskopis tersebut maka isolat ini adalah *Penicillium* sp. 1 (Gambar 18)

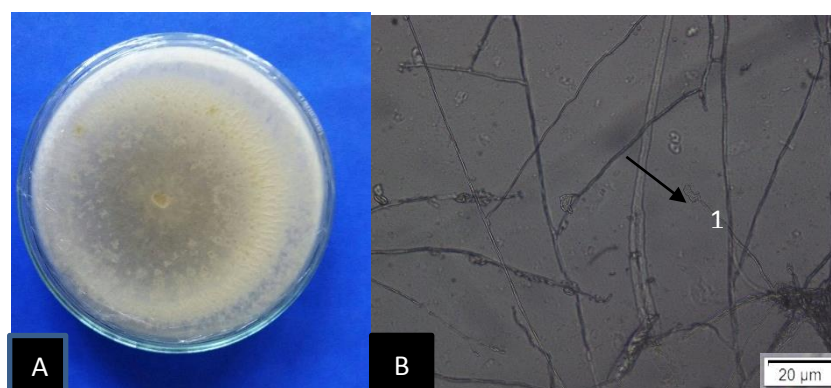


Gambar 18. Morfologi isolat EP6 A. Biakan murni umur 6 hari pada media PDA, B. Mikroskopis; (1) Konidiofor (2) konidia

1. Isolat ET7

Makroskopis. Pengamatan makroskopis pada media PDA menunjukkan warna koloni putih muda agak kecokelatan dengan tepian berwarna putih. Balik koloni mempunyai lingkaran konsentris dengan titik pusat berwarna cokelat tua, diikuti warna orange dan putih pada lingkaran selanjutnya. Permukaan kasar, elevasi timbul, tidak transparan, dan tepian seperti bercabang. Diameter koloni saat umur 6 hari mencapai 9 cm.

Mikroskopis. Pengamatan mikroskopis menunjukkan hifa panjang, tidak bersekat, berwarna cokelat. Tidak ditemukan konidia hingga hari ke 7 masa inkubasi. Berdasarkan deskripsi makroskopis dan mikroskopis tersebut maka jamur ini adalah isolat EP7 (Tidak Teridentifikasi).



Gambar 19. Isolat jamur ET 7 biakan murni umur 6 hari pada media PDA secara Mikroskopis; (1) Hifa

4.4 Uji Antagonis secara *In Vitro*

Uji antagonis dilakukan untuk mengetahui seberapa besar potensi isolat jamur endofit bersifat antagonis terhadap patogen luka api. Pengujian antagonis dilakukan dengan memilih 3 isolat terbaik dalam menghambat patogen *U. scitaminea* secara *in vitro*. Pemilihan isolat didasarkan kemampuan daya hambat yang lebih besar lebih dari 50% pada jamur patogen. Hasil analisis ragam menunjukkan adanya pengaruh yang nyata penghambatan isolat jamur endofit terhadap pertumbuhan jamur patogen (Tabel 2).

Tabel 2. Rerata persentase penghambatan jamur endofit terhadap patogen luka api *U. scitaminea* dari tanaman tebu selama 6 hari pengamatan

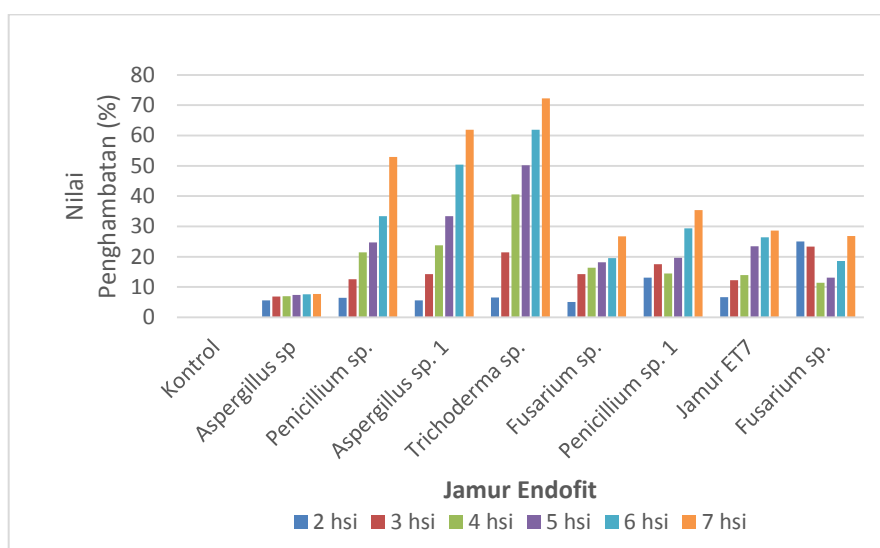
No	Jamur Endofit	Rerata Hambatan (%)					
		2 HSI	3 HSI	4 HSI	5 HSI	6 HSI	7 HSI
1	Kontrol	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2	<i>Aspergillus</i> sp.	5,61	6,86	7,12	7,42	7,58	7,69
3	<i>Penicillium</i> sp.	6,42	12,54	21,46	24,74	33,33	52,94
4	<i>Aspergillus</i> sp. 1	5,67	14,28	23,76	33,33	50,44	61,91
5	<i>Trichoderma</i> sp.	6,52	21,42	40,54	50,22	61,92	72,22
6	<i>Fusarium</i> sp.	5,68	14,22	16,32	18,14	19,48	26,67
7	<i>Penicillium</i> sp. 1	13,09	17,58	14,44	19,66	29,37	35,38
8	Jamur ET 7	6,67	12,23	13,89	23,41	26,38	28,61

Berdasarkan Tabel 2 hasil uji antagonis, masing-masing isolat jamur endofit memiliki pertumbuhan yang berbeda-beda. Menurut Soesanto, 2008 (dalam Mutabalian 2015) bahwa setiap agens hayati yang berbeda memiliki kemampuan dan mekanisme penghambatan tersendiri. Pada hasil uji antagonis, masing-masing isolat jamur endofit mempunyai potensi untuk menghambat *U. scitaminea*. Jika ditumbuhkan pada media PDA walaupun terdapat jamur endofit yang mempunyai nilai persentase penghambatan kecil.

Pada tabel 2 juga dapat di lihat bahwa mulai 2 HSI terjadi penghambatan oleh jamur endofit hasil isolasi tanaman tebu terhadap jamur patogen *U. scitaminea*. Tingkat persentase penghambatan paling tinggi ditunjukkan oleh isolat *Penicillium* sp. 1 dengan persentase 13,09%. Sedangkan persentase hambatan terendah yaitu jamur *Aspergillus* sp. sebesar 5,61%.

Pada pengamatan hari ke-3 hingga hari ke-7 persentase penghambatan paling tinggi yaitu paling tinggi ditunjukkan oleh isolat *Trichoderma* sp. dengan persentase 72,22%. Sedangkan persentase hambatan terendah yaitu jamur *Aspergillus* sp. sebesar 7,69%. Hal ini bisa dikarenakan pertumbuhannya *Trichoderma* sp. yang cepat dan menyebar merata pada permukaan cawan petri sedangkan persentase hambatan terendah oleh jamur *Aspergillus* sp. dikarenakan oleh pertumbuhan jamur yang relatif lama di cawan Petri sehingga persentasenya kecil dalam penghambatan. Menurut Hutabalian (2015) menyatakan bahwa pertumbuhan jamur endofit mendekati jamur patogen menyebabkan terhambatnya pertumbuhan jamur patogen. Penghambatan tersebut bisa terjadi karena adanya persaingan diantara kedua isolat tersebut yaitu persaingan ruang tumbuh dan nutrisi yang ada dalam media tumbuh.

Berdasarkan Tabel 2 nilai persentase daya hambatan jamur *Penicillium* sp. 1 lebih tinggi dari pada *Trichoderma* sp. Namun pada 3 HSI sampai 7 HSI menunjukkan bahwa jamur *Trichoderma* sp. memiliki persentase daya hambat yang paling tinggi dalam menghambat pertumbuhan jamur patogen *U. scitaminea*. yaitu mencapai 72,22%. Hal ini dikarenakan pertumbuhan isolat *Trichoderma* sp. yang sangat cepat sehingga tidak ada ruang untuk pertumbuhan jamur patogen. Menurut Sudantha dan Abadi (2011) menyatakan bahwa jamur endofit *Trichoderma* spp. efektif mengendalikan jamur *F. oxysporum* melalui mekanisme kompetisi ruang, mikoparasit dan antibiosis. Hasil rerata persentase hambatan jamur selama 6 hari pengamatan dapat dilihat pada (Gambar 24).



Gambar 24. Histogram rerata persentase kemampuan penghambatan jamur endofit terhadap *U. scitaminea*. selama 6 hari pengamatan

Berdasarkan histogram yang disajikan pada Gambar 23, terdapat 3 jamur endofit dari tanaman tebu yang memiliki persentase hambatan diatas 50% yaitu *Penicillium* sp. sebesar

52,94%; *Aspergillus* sp. 1 sebesar 61,91% dan *Trichoderma* sp. sebesar 72,22%. Pada persentase penghambatan jamur *Trichoderma* sp. memiliki daya hambat paling tinggi daripada jamur endofit lain. Hal ini dikarenakan pertumbuhan jamur *Trichoderma* sp. pada hari ke-3 sudah menyelimuti jamur patogen, sehingga jamur patogen tidak dapat tumbuh lagi dan mengalami lisis sampai diakhir pengamatan. Menurut Talanca *et al.*, 1998 dalam Dwiastuti (2015) bahwa mekanisme antagonisme *Trichoderma* spp. terhadap jamur patogen dilakukan dengan mengeluarkan toksin berupa enzim β -1,3 glukanas, kitinase, dan selulase yang dapat menghambat pertumbuhan bahkan dapat membunuh patogen.

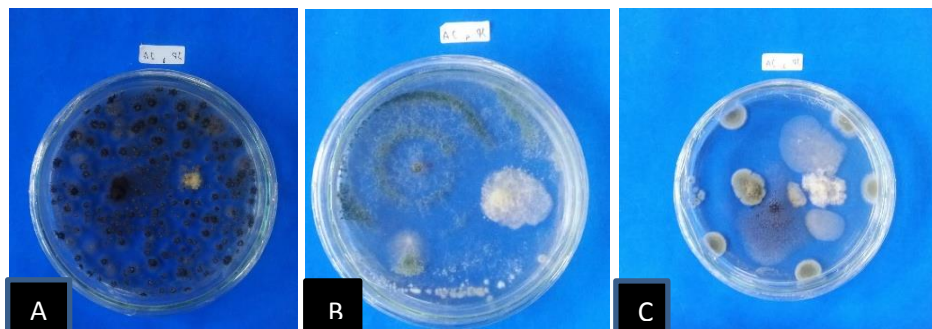
Tabel 3. Rerata persentase penghambatan jamur endofit terhadap *U. scitaminea* pada pengamatan 7 hari setelah inokulasi jamur endofit

Perlakuan Endofit	Rerata Hambatan (%) \pm SD
Kontrol	0,0 \pm 0,0 a
<i>Aspergillus</i> sp.	7,7 \pm 4,92 a
<i>Penicillium</i> sp.	52,9 \pm 4,16 c
<i>Aspergillus</i> sp. 1	61,9 \pm 4,69 c
<i>Trichoderma</i> sp.	72,2 \pm 9,08 c
<i>Fusarium</i> sp	26,7 \pm 5,89 b
<i>Penicillium</i> sp. 1	35,3 \pm 8,08 b
Jamur ET 7	28,6 \pm 14,38 b

Keterangan: Angka-angka disertai huruf yang sama pada kolom yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata pada uji Duncan dengan taraf kesalahan 5%.
Sd: Standar Deviasi

Berdasarkan tabel analisis ragam persentase penghambatan jamur endofit terhadap *U. scitaminea* pada pengamatan 7 hari setelah inokulasi jamur endofit menunjukkan adanya beda nyata antar perlakuan sehingga dilakukan uji lanjutan yaitu uji Duncan dengan taraf kesalahan 5%. Dari analisis ragam pada tabel 2 menunjukkan bahwa semua perlakuan jamur endofit memiliki potensi penghambatan terhadap jamur *U. scitaminea* kecuali perlakuan kontrol. Nilai hambatan pada kontrol sebesar 0%, hal ini dikarenakan pada perlakuan kontrol tidak diberikan jamur endofit sebagai agen antagonis sehingga tidak ada interaksi dengan agen antagonis.

Berdasarkan tabel 2 juga dapat diketahui perbandingan nilai hambatan jamur endofit pada tanaman padi dengan jamur *Trichoderma* sp. Pada tabel analisis ragam, nilai daya hambat jamur endofit tidak ada yang sama dengan jamur *Trichoderma* sp. Meskipun demikian, terdapat beberapa jamur endofit yang memiliki potensi dalam penghambatan dengan nilai diatas 50%, antara lain jamur *Aspergillus* sp. 1, dan *Penicillium* sp. Hal ini bisa dikarenakan jamur endofit tersebut menghasilkan antimikroba. Maria *et al.* (2005), menyebutkan bahwa jamur endofit dari genus *Aspergillus*, *Fusarium*, *Nigrospora* berperan sebagai penghasil antimikroba. Menurut Sultana *et al.*, (2014) menyatakan bahwa *Asteromyces* menghasilkan peptapeptide lajollamide A, dan senyawa regiolone, hyalodendrin, gliovictin, N-norgliovictin dan bis-N-norgliovictin yang memiliki banyak aktivitas biologis dan sifat antimikroba. Sehingga jamur-jamur tersebut mampu dalam menghambat pertumbuhan jamur patogen *U. scitaminea*



Gambar 25. Hasil pengujian antagonis 3 isolat terbaik dalam penghambatan jamur endofit terhadap *U. scitaminea*. selama 6 hari pengamatan: A. isolat jamur ET 2 B. Isolat Jamur ET 4 dan C. isolat jamur ET 3

5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa:

1. Ditemukan 7 isolat jamur endofit dari daun tanaman tebu antara lain *Aspergillus* sp., *Penicillium* sp., *Aspergillus* sp.1, *Trichoderma* sp., *Fusarium* sp., *Penicillium* sp. 1, dan yang tidak teridentifikasi yaitu ET7.
2. Pada pengujian antagonis 3 jamur endofit mampu menghambat jamur *U. scitaminea* secara *in vitro* di atas 50%. Hasil presentase hambatan tertinggi yaitu jamur endofit *Trichoderma* sp sebesar di ikuti *Aspergillus* sp.1, dan *Penicillium* sp.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian, perlu dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai mekanisme kerja jamur endofit dalam menghambat perkembangan patogen luka api *U. scitaminea*., pengujian senyawa yang dihasilkan jamur endofit sehingga dapat digunakan sebagai alternatif pengendalian dalam menekan pertumbuhan patogen, serta identifikasi jamur endofit hingga tingkat spesies.

DAFTAR PUSTAKA

- Agnitori, V.P. (1990). Diseases of Sugarcane and Sugar Beet. Oxford and IBH Publishing Co. Pvt. Ltd., Oxford.
- Agrios, G. N. 2004. Plant Pathology 5th Edition. New York: Elsevier Academic Press.
- Agrios, G.N. 1996. Plant Pathology. 3d Ed. Academic Press, New York. 803p.
- Dropkin, V.W. (1989) Pengantar Nematologi Tumbuhan. Gadjah Mada University Press.
- Agusta, 2009. Tumbuhan Tropika Indonesia. Bandung: Penerbit ITB. Bogor
- Aly, A.H., Debbab, A., dan Proksch, P., 2012. Fungal endophytes: unique plant inhabitants with great promises. Applied Microbiology and Biotechnology, 90: 1829–1845.
- Anggraini, 2012. Bongkar Ratoon Terhadap Peningkatan Produktivitas Tebu dan Pengelolaan Tanaman Tebu. Bandar Lampung: Politeknik Negeri Lampung
- Arnold. 2007. Biotechnology Research Institute Laboratory of Biology for Crop Diseases and Insect Pests, Plant Protection Research Institute, Guangxi Academy of Agricultural Sciences, Guangxi, People's Republic of China
- Arwiyanto, T. 2013. *Ralstonia solanacearum*; Biologi, Penyakit yang Ditimbulkan, dan Pengelolaannya. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Azevedo, Magarey RC, Quinn B, Royal A, Kerkwyk R. 2000. Sugarcane smut in Queensland. Proceedings of the Australian Society of Sugar Cane Technologist 30, 52–62.
- Bacon dan White 2000. Characterization of physiologic races of sugarcane smut (*Ustilago scitaminea*) in Kenya Sugar Research Foundation, P. O. Box 44-40100, Kisumu, Kenya.
- Barnett, H. L. and B. B. Hunter. 1972. Illustrated Genera of Imperfect Fungi. Me Millan Publishing Company. New York.
- BPPT, 2007. Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi Tanaman Tebu. Kanisius. Yogyakarta.
- Burhanuddin. 2009. Penyakit luka api dan cara pengendaliannya di Indonesia. Prosiding Seminar Nasional Tebu.
- Cohen. 2006. The mating-type locus b of the sugarcane smut *Sporisorium scitamineum* is essential for mating, filamentous growth and pathogenicity. USA Company. New York
- Wieder, A., Waller JM (2009) Sugarcane smut (*Ustilago scitaminea*) in Kenya. I. Epidemiology. Transactions of British Mycological Society 52, 139–151.
- Croft and Braithwaite, K.S.; (2006). Genetic variation in a worldwide collection of The sugarcane smut fungus *Ustilago scitaminea*, Proc. Aust. Soc. Sugar Cane Technol., Vol. 26
- DeAngelis, K.M., Silver, W.L., Thompson, A.W., Firestone, M.K., 2010. Microbial communities acclimate to recurring changes in soil redox potential status. Environmental Microbiology. 12 :3137-3149.

- Dibax, R., G.B. de Alcantara, J.C.B. Filho, M.P. Machado, Y. de Oliveira, dan A.L.L. da Silva. 2013. Plant regeneration of sugarcane cv. RB931003 and RB98710 from somati embryos and acclimatization. *Journal of Biotechnology and Biodiversity* 2: 32 – 37.
- Didik, Adisasmito. 2017. Pengawasan Kualitas dan Teknologi Pembuatan Gula di Indonesia. P3GI. Pasuruan
- Ditjen Tanaman Pangan. 2015. Pedoman Pelaksanaan Program Peningkatan Produksi, Produktivitas dan Mutu Tanaman Perkebunan Untuk mencapai Swasembada Berkelanjutan. Dirjen Tanaman Pangan, Kementerian Pertanian, Jakarta
- Dwiasuti, M.E, Fajri, Yunimar. 2015. Potensi *Trichoderma* spp. sebagai agen pengendali *Fusarium* spp. penyebab penyakit layu pada tanaman stroberi (*Fragaria x ananassa* Dutch.). *J. Hort.* 25(4):331-339.
- Farhan, M.B. 2010. Perbanyak tebu (*Saccharum officinarum* L.) secara in vitro pada berbagai konsentrasi IBA dan BAP. *Jurnal Sains dan Teknologi* 3: 103 – 109.
- Gamboa, E. Guiderdoni, J.C. Glaszmann. 2002. Development of a cryopreservation process for embryogenic calluses of a commercial hybrid of sugarcane (*Saccharum* sp.) and application to different varieties. *Journal of Cryo-Letters* 13: 239 – 252.
- Gandjar, I., Robert A.S, Karin van den T.V, Arianti O., dan Imam S. 1999.
- Pengenalan Kapang Tropik Umum. Yayasan Obor Indonesia. Jakarta. Hal. 4-5.
- Gao, F., Dai, C., Liu, X. 2010. Mechanism of Fungal Endophytes in Plant Protection Against Pathogens. *African Journal of Microbiology Research*. 4 (13): 1346-1351.
- Gunatilaka, A.A.L., 2006. Natural Products from Plant-associated Microorganisms: Distribution, Structural Diversity, Bioactivity, and Implications of Their Occurrence. *Journal of Natural Products*, 69: 509– 526.
- Handayani, Ernita. 2011. Pemanfaatan Jamur Endofit dan Mikoriza sebagai Alternatif Pengganti Pupuk Fosfat Pada Tanah Ultisol Kabupaten Langkat, Sumatera Utara. Universitas Muslim Nusantara al wasliyah Medan. Medan.
- Harry. 2010. Sugarcane crop logging and crop control principles and practises. Univ. Press of Hawaii, Honolulu.
- Hartati, S. Y., Karyani, N. 2014. Inokulasi *Ralstonia solanacearum* Untuk Pengujian Ketahanan Nilam terhadap Penyakit Layu. *Buletin Penelitian Tanaman Tropika*, 25(2): 129-136.
- Huang, P.M., Y. Li, M.E. Sumner. 2008. *Handbook of Soil Sciences : Properties and Process*. CRC Press, California. 1442 p.
- Mutabalian, M., M.I. Pinem, S. Oemry. 2015. Uji antagonisme beberapa jamur saprofit dan endofit dari tanaman pisang terhadap *Fusarium oxysporum* f.sp. cubes di laboratorium. *J. Online Agroekoteaknologi* 3(2):687-695.
- Indrawanto, M., B. Richard, Primack dan J. Supriatna. 2010. *Biologi Konservasi*. Yayasan Obor Indonesia. Jakarta. Hal. 483.

- Intan, R.M.T., A. Cholil, L. Sulistyowati. 2014. Potensi antagonis jamur endofit dan khamir pada tanaman pisang (*Musa accumunata*) terhadap jamur *Mycosphaerella musicola* penyebab penyakit bercak kuning sigatoka. Jurnal HPT 2(4):110-118.
- Malian, Kuntohartono, T. 2004. Pedoman Budidaya Tebu di Lahan Kering. Lembaga Pendidikan Perkebunan, Yogyakarta.
- Maria, K. Kuntohartono, T. 2005. Pertunasan tanaman tebu. Gula Indonesia 24(3): 11-15
- Noveriza. 2007. Sugar cane response to chip bud method of planting. In: Proceedings of International Society for Sugar Cane Technologists, Agronomy Workshop, Khon Kaen, Thailand
- Obura, E. 2012. The Pathosystem of Napier Stunting Disease in Western Kenya, Ph.D. diss. University of Egerton. Kenya
- Pakki, 2016. Sugarcane in Agriculture and Industry. India at Eastren Press Pvt Ltd. Bangalore.
- Puslitbangtan, 2009. Agronomi Tanaman Tebu. Badan Penelitian dan Pengembangan. Bogor
- Radji, M. 2005. Peranan bioteknologi dan mikroba endofit dalam pengembangan obat herbal. Majalah Ilmu Kefarmasian 2(3):113-126.
- Ramesh Sundar, A.; Velazhahan, R. & Vidhyasekaran, P. (2014). A glycoprotein elicitor isolated from *Colletotrichum falcatum* induces defense mechanisms in sugarcane leaves and suspension-cultured cells. Journal of Plant diseases and Protection, Vol.109, No.6, pp. 601-611
- Rodriguez dan Redman, 2008. Separation From *Ustilago scitaminea* of Different Elicitors Which Modify The Pattern of Phenolic Accumulation In Sugarcane Leaves Department of Plant Biology, Faculty of Biology, University of Havana, Havana, Cuba,. Journal of Plant Pathology
- Russo.Y Narasimha Rao, G., dan Satyanarayana. 2012. Studies in control of seed borne infection of red rot of sugarcane. Journal of Research Andhra Pradesh Agricultural University1: 83–86.
- Santamaria, S. E, B. Trijanto dan S. Lamadji. 2005. Pengaruh pembungaan terhadap sifat-sifat komponen hasil tebu dan kualitas nira beberapa kultivar tebu. Buletin P3GI 144: 41-52.
- Sastrahidayat, I R. 2012. Fitopatologi. UB Press. Malang.
- Sastrahidayat, I R., dan Djauhari, S. 2012. Teknik Penelitian Fitopatologi. UB Press: Malang.
- Schulz. 2005. Sugarcane smut in Queensland: arrival and emergency response. Australasian Plant Pathology
- Selim, K. Sastrowijono, S. 2012. Morfologi Tanaman Tebu. Gula Indonesia 23(3): 3-7.
- Semangun, H. 1996. Pengantar Ilmu Penyakit Tumbuhan. Gadjah Mada University Press.
- Semangun, H. 2004. Pengantar Ilmu Penyakit Tumbuhan. Gadjah Mada University Press.

- Sinaga, Febrianda, R. G. 1989. Penyakit Utama pada Bibit Tebu dan Uji Pengendaliannya dengan Jamur Mikoriza Arbuskular. Skripsi. Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta.
- Smith. Huang, S. (2005). Progress of Sugarcane Disease Research in China: Recent Developments. Sugar Tech., Vol. 6, No. 4, pp. 261-265
- Soesanto, 2008. Kebutuhan Air Tebu dan Hubungannya dengan Cara Pemberian Air Secara Curah dan Tetes. Buletin Ketektikan Pertanian Volume 12 No. 1 April 1998. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Srinivasan, K.V. and Rao, J.T. (2015). Hot water treatment of sugarcane seed material - a simple method for rural areas. Indian Farming, Vol. 18, pp. 25
- Steenis, 2005. Management of an incursion of sugarcane smut in Australia. Australasian Plant Pathology 35, 113–122.
- Suada, 2006. Morfologi Tanaman Tebu. Gula Indonesia 23(2): 28-30.
- Sudantha, I.M dan A.L. Abadi. 2011. Uji efektifitas beberapa jenis jamur endofit *Trichoderma* spp. isolat lokal NTB terhadap jamur *Fusarium oxysporum* f. sp. *Vanillae* penyebab penyakit busuk batang pada bibit vanili. Crop Agro 4(2):64-72.
- Sultana, K. Sastrowijono, S. 2014. Mutu bibit tebu dalam menunjang produktivitas hasil gula. Gula Indonesia XXII (1) : 3 – 6.
- Sumartini, 2005. Pengaruh Pupuk Nitrogen dan Fosfor terhadap Pertumbuhan dan Produksi Tebu (*Saccharum officinarum* L.). Skripsi. Institut Pertanian Bogor. Bogor
- Talanca. Tamilselvan, N. 2015. Sugar cane response to chip bud method of planting. In: Proceedings of International Society for Sugar Cane Technologists, Agronomy Workshop, Khon Kaen, Thailand, 23–26
- Tuju, 2004. Root Development of Field Crop. McGraw-Hill. New York.
- Voegele., 2009. Control of Sugarcane Smut (*Ustilago scitaminea* Syd) Disease in Nigeria and Suggestions for an Integrated Pest Management Approach, Faculty of Agriculture, University of Maiduguri, P.M.B. 1069, Maiduguri, Nigeria
- Wahyuni ,Barnes, A.C. 2016. The Sugarcane. Interscience Pubhlisers Inc., New York.
- Watanabe, 2002. Mengenal Tebu. Lara Widya Pustaka. Jakarta.
- Wijayanti, 2008. Analisis Potensi dan Kebutuhan Air untuk Menyusun Rekomendasi Irigasi Suplementer Tebu Lahan Kering. Jurnal Tanah dan Iklim. 20:1 – 12.
- Wiryadiputra, 2007. Protret Penyakit Tebu di Jawa: Distribusi dan Dominasi Penyakit- Penyakit Tebu Penting. Pusat Penelitian Perkebunan Gula Indonesia. Majalah Penelitian Gula. 44: 205-218.
- Waller J. M (2010) Sugarcane smut (*Ustilago scitaminea*) in Kenya. I. Epidemiology. Transactions of British Mycological Society 52, 139–151.
- Yulian, Titiek. 2008. Menggali potensi endofit untuk meningkatkan kesehatan tanaman tebu mendukung peningkatan produksi gula. Perspektif 11(2):111-122.

LAMPIRAN

Lampiran 1. Deskripsi Tebu varietas Bululawang Malang

Surat Keputusan PELEPASAN Menteri Pertanian

Nomor : 322/Kpts/SR.120/5/2004

Tanggal : 12 Mei 2004

Berikut merupakan deskripsi tebu varietas Bululawang sebagai berikut

Asal persilangan : Varietas lokal dari Bululawang-Malang Selatan

Sifat-sifat Morfologis

1. Batang

- Bentuk batang : silindris dengan penampang bulat
- Warna batang : coklat kemerahan
- Lapisan lilin : sedang – kuat
- Retakan batang : tidak ada
- Cincin tumbuh : melingkar datar diatas pucuk mata
- Teras dan lubang : masif

2. Daun

- Warna daun : hijau kekuningan
- Ukuran daun : panjang melebar
- Lengkung daun : kurang dari ½ daun cenderung tegak
- Telinga daun : pertumbuhan lemah dan sedang, kedudukan serong
- Bulu punggung : ada, lebat, condong membentuk jalur lebar

3. Mata tunas

- Letak mata : pada bekas pangkal pelepah daun
- Bentuk mata : segitiga bagian terlebar dibawah tengah mata
- Sayap mata : tepi sayap mata rata
- Rambut basal : ada
- Rambut jambul : ada

Sifat-sifat Agronomis

1. Pertumbuhan

- Perkecambahan : lambat
- Diameter batang : sedang sampai besar
- Pembungaan : berbunga sedikit sampai banyak
- Kemasakan : tengah sampai lambat
- Kadar sabut : 13 – 14%
- Koefisien daya tahan : tengah – panjang

2. Potensi Produksi

- Hasil tebu (ton/ha) : 94,3
- Rendemen (%) : 7,51
- Hablur gula (ton/ha) : 6,90

3. Ketahanan Hama dan Penyakit

- Penggerek batang : peka
- Penggerek pucuk : peka
- Blendok : peka
- Pokahbung : moderat
- Luka api : tahan
- Mosaik : tahan

4. Kesesuaian lokasi : Tipe lahan geluh berpasir, pengairan dan drainase baik

Varietas Bululawang (BL) merupakan hasil varietas yang ditemukan pertama kali di wilayah Kecamatan Bululawang, Malang Selatan. BL lebih cocok pada lahan ringan (geluhan/liat berpasir) dengan sistem drainase baik dan pemupukan N yang cukup. Sementara itu pada lahan berat dengan drainase terganggu tampak pertumbuhan tanaman sangat tertekan. BL memerlukan lahan dengan kondisi kecukupan air pada kondisi drainase yang baik. Khususnya lahan ringan sampai geluhan lebih cocok untuk varietas ini dari pada pada lahan berat. BL merupakan varietas yang selalu tumbuh dengan munculnya tunas-tunas baru atau disebut sogolan. Oleh karena itu potensi

bobot tebu akan sangat tinggi karena apabila sogolan ikut dipanen akan menambah bobot tebu secara nyata.

Lampiran 2. Analisis Ragam Presentase Penghambatan Jamur Endofit terhadap Pertumbuhan Patogen *U. scitaminea* pada 2 hsi

<i>Sumber</i>	<i>db</i>	<i>JK</i>	<i>KT</i>	<i>F-hitung</i>	<i>F tabel</i>	<i>F tabel</i>
			<i>Keragaman</i>	<i>5%</i>	<i>1%</i>	
Perlakuan	11	4440,103	403,645	3,298**	2,22	3,09
Galat	24	2936,835	122,368			
Total	35	7376,939				

Lampiran 3. Analisis Ragam Presentase Penghambatan Jamur Endofit terhadap Pertumbuhan Patogen *U. scitaminea* pada 3 hsi

<i>Sumber</i>	<i>db</i>	<i>JK</i>	<i>KT</i>	<i>F-hitung</i>	<i>F tabel</i>	<i>F tabel</i>
			<i>Keragaman</i>	<i>5%</i>	<i>1%</i>	
Perlakuan	11	5925,562	538,687	3,034*	2,22	3,09
Galat	24	4261,06	177,544			
Total	35	10186,622				

Lampiran 4. Analisis Ragam Presentase Penghambatan Jamur Endofit terhadap Pertumbuhan Patogen *U. scitaminea* pada 4 hsi

Sumber	db	JK	KT	F-hitung	F tabel	F tabel
<i>Keragaman</i>					<i>5%</i>	<i>1%</i>
Perlakuan	11	9276,621	843,3292	6,987**	2,22	3,09
Galat	24	2896,967	120,707			
Total	35	12173,588				

Lampiran 5. Analisis Ragam Presentase Penghambatan Jamur Endofit terhadap Pertumbuhan Patogen *U. scitaminea* pada 5 hsi

Sumber	db	JK	KT	F-hitung	F tabel	F tabel
<i>Keragaman</i>					<i>5%</i>	<i>1%</i>
Perlakuan	11	10269,381	933,580	9,711**	2,22	3,09
Galat	24	2307,372	96,141			
Total	35	12576,753				

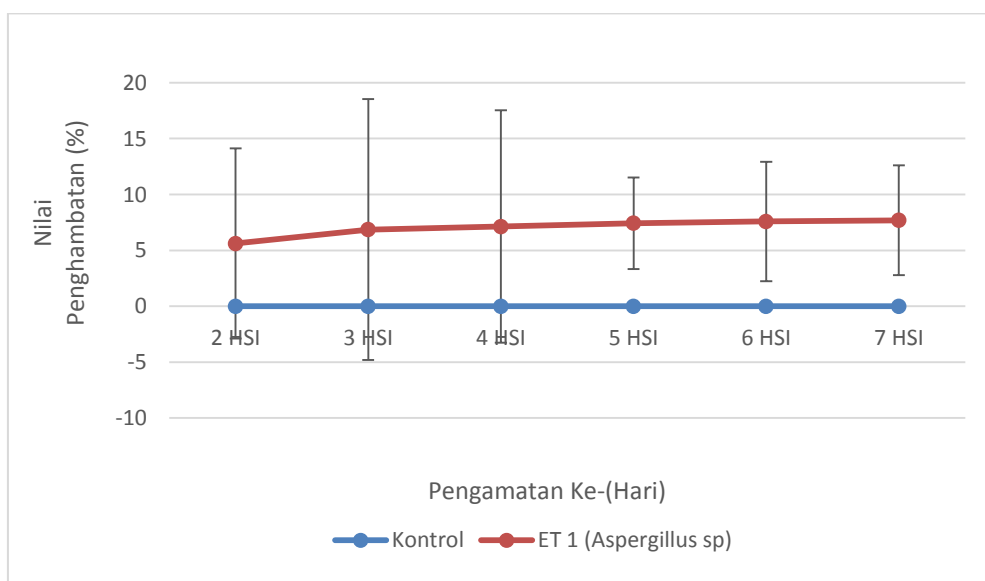
Lampiran 6. Analisis Ragam Presentase Penghambatan Jamur Endofit terhadap Pertumbuhan Patogen *U. scitaminea* pada 6 hsi

Sumber	db	JK	KT	F-hitung	F tabel 5%	F tabel 1%
<i>Keragaman</i>						
Perlakuan	11	12787,469	1162,497	13,492**	2,22	3,09
Galat	24	2067,856	86,161			
Total	35	14855,325				

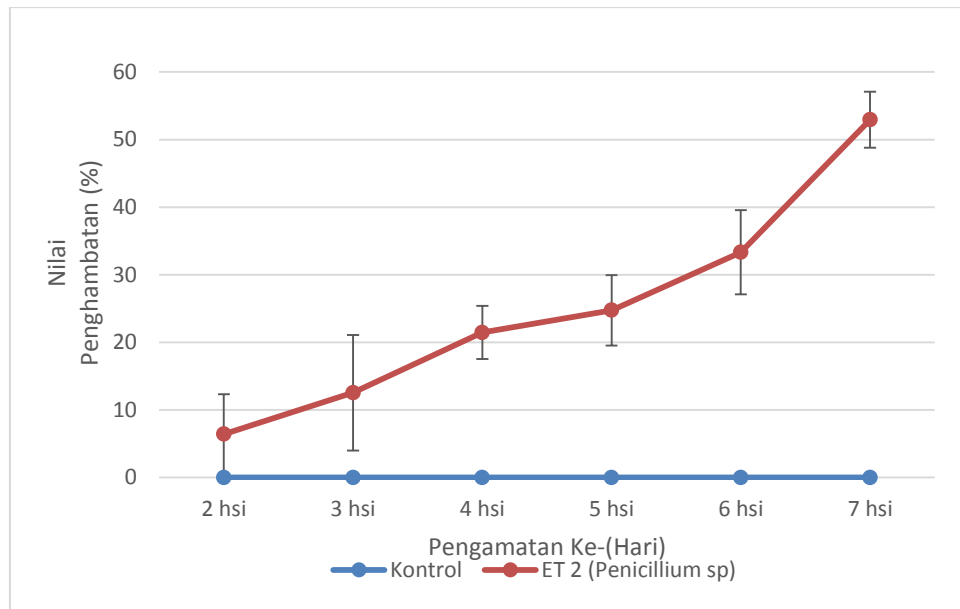
Lampiran 7. Analisis Ragam Presentase Penghambatan Jamur Endofit terhadap Pertumbuhan Patogen *U. scitaminea* pada 7 hsi

Sumber	db	JK	KT	F-hitung	F tabel 5%	F tabel 1%
<i>Keragaman</i>						
Perlakuan	11	12856,081	1168,735	14,618**	2,22	3,09
Galat	24	1918,902	79,954			
Total	35	14774,983				

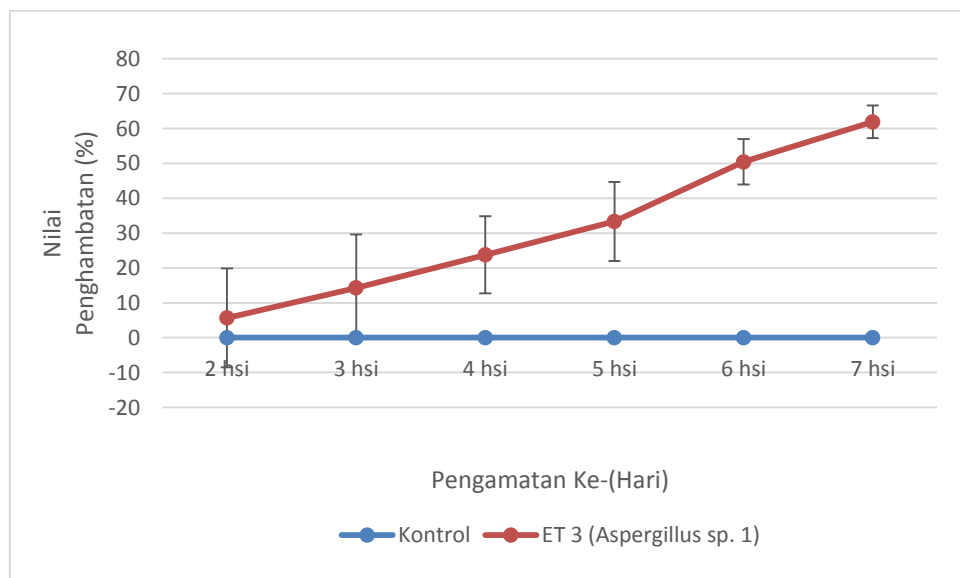
Lampiran 8. Rerata persentase hambatan isolat ET 1 (*Aspergillus* sp.) terhadap *U. scitaminea* dan standar deviasi selama 6 hari pengamatan



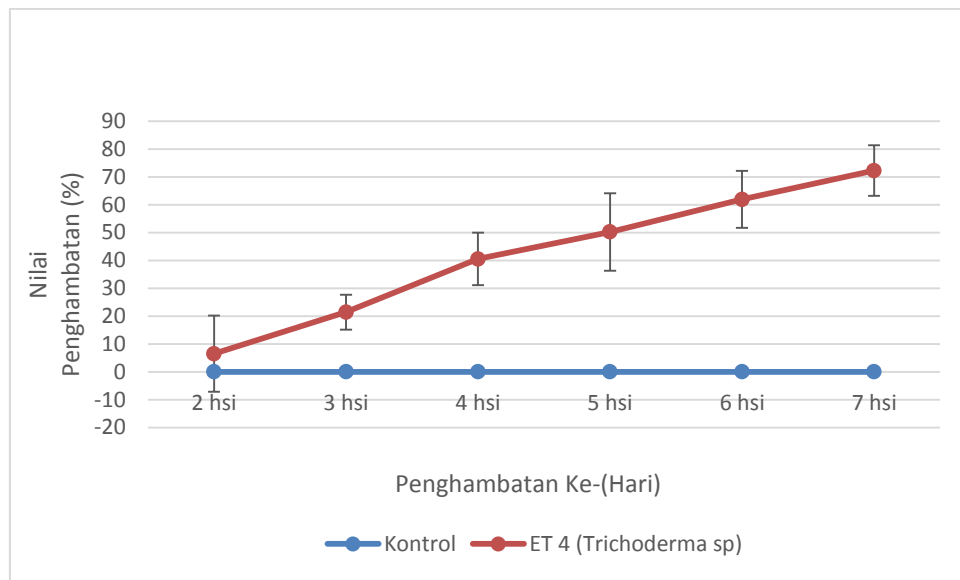
Lampiran 9. Rerata persentase hambatan isolat ET 2 (*Penicillium* sp.) terhadap *U. scitaminea* dan standar deviasi selama 6 hari pengamatan



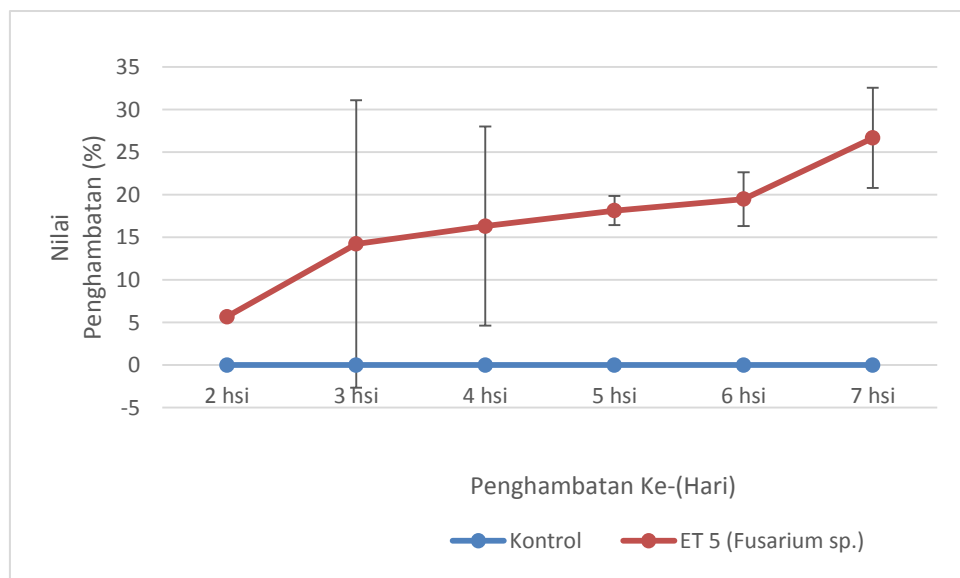
Lampiran 10. Rerata persentase hambatan isolat ET 3 (*Aspergillus* sp. 1) terhadap *U. scitaminea* dan standar deviasi selama 6 hari pengamatan



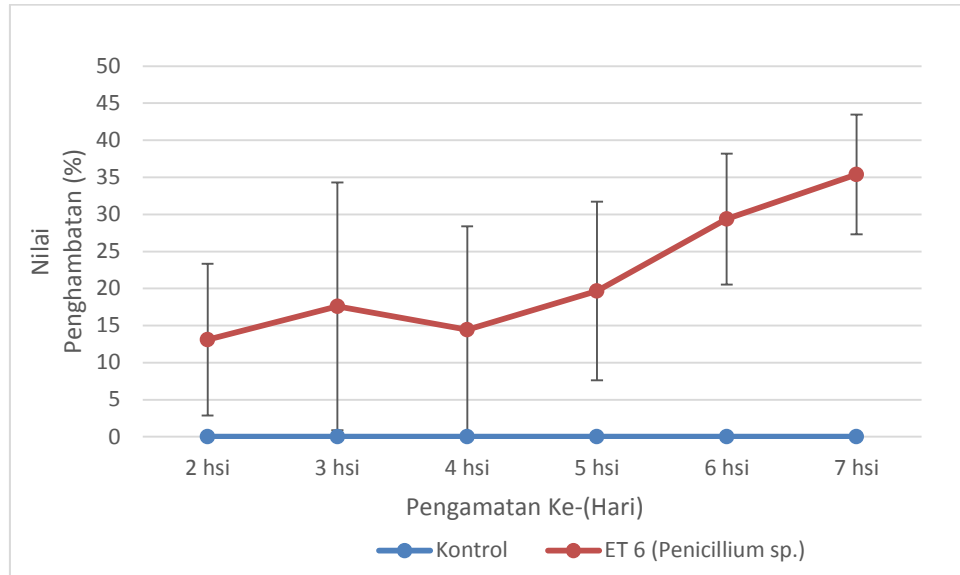
Lampiran 11. Rerata persentase hambatan isolate ET 4 (*Trichoderma* sp.) terhadap *U. scitaminea* dan standar deviasi selama 6 hari pengamatan



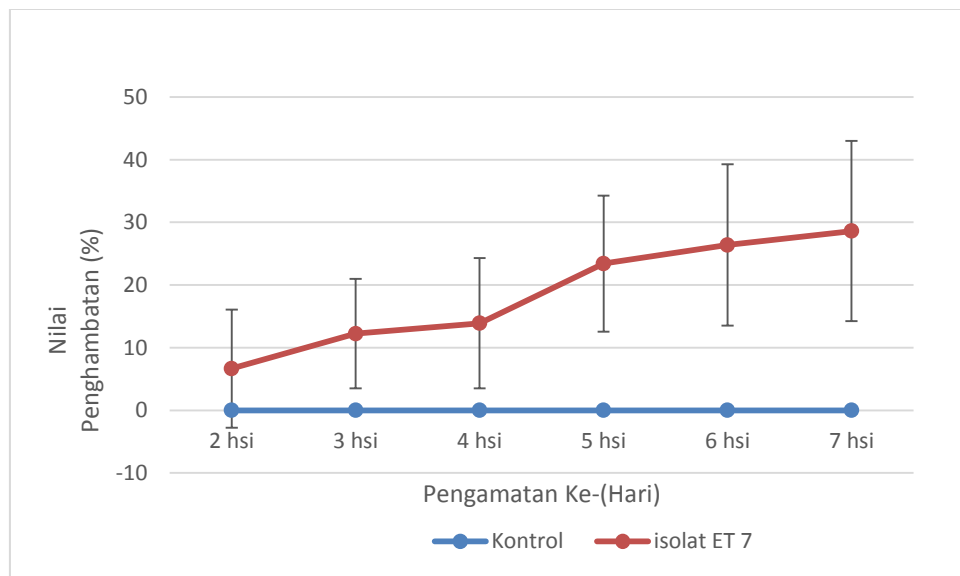
Lampiran 12. Rerata persentase hambatan isolat ET 5 (*Fusarium* sp.) terhadap *U. scitaminea* dan standar deviasi selama 6 hari pengamatan



Lampiran 13. Rerata persentase hambatan isolate ET 6 (*Penicillium* sp. 1) terhadap *U. scitaminea* dan standar deviasi selama 6 hari pengamatan



Lampiran 14. Rerata persentase hambatan isolat ET 7 terhadap *U. scitaminea* dan standar deviasi selama 6 hari pengamatan



Lampiran 14. Karakteristik Lahan Pengambilan Sampel Tanaman Tebu

Pengambilan sampel daun tebu sehat untuk isolasi jamur endofit dilakukan di lahan Tebu milik PG. Kebon Agung, di Desa Sempalwadak, Kecamatan Bululawang, Kabupaten Malang. Secara geografis Desa Sempalwadak terletak pada wilayah barat jalur alternatif transportasi barat, memiliki potensi yang strategis dengan luas wilayah 107.653 ha terbagi menjadi 2 Dusun, yakni: Dusun Sidomulyo dan Dusun Jatimulyo dengan perbatasan wilayah sebagai berikut :

Sebelah Utara : Desa Tangkil
 Sebelah Barat : Desa Tambakasri
 Sebelah Selatan : Desa Wadanpuro
 Sebelah Timur : Desa Jambeharjo

Desa Sempalwadak merupakan daerah otonom desa dengan jumlah penduduk 2.810 jiwa yang terdiri dari 1.401 jiwa penduduk laki-laki dan 1.409 jiwa penduduk dengan jenis kelamin perempuan. Potensi Desa Sempalwadak cukup besar, namun belum dimanfaatkan secara maksimal. Potensi berupa sumber daya alam maupun sumber daya manusia perlu digali dan dikembangkan untuk kemakmuran masyarakat secara umum. Penggunaan lahan pertanian di kawasan Sempalwadak banyak ditanami padi dengan luas lahan 61 Ha, tanaman jagung 1 Ha dan mayoritas tanaman tebu dengan luas 10 Ha. Pertumbuhan tanaman tebu di Desa Sempalwadak rata-rata cukup baik, berumur antara 3-9 bulan. Varietas yang banyak dibudidayakan oleh petani yaitu varietas Bululawang (Gambar 11).



Gambar 11. Kondisi pertanaman tebu di Desa Sempalwadak

Sebelum menjadi satu kawasan pedesaan, Desa Sempalwadak terbagi menjadi tiga kawasan yaitu Krajan, Kawit dan Slamet, kemudian menjadi cikal

bakal Desa Sempalwadak. Salah satunya adalah fungsi hutan alam dalam menjaga iklim di dalam kawasan hutan maupun di luar hutan. Hutan memiliki biodiversitas yang tinggi, baik dalam arti jumlah jenis makhluk hidup yang membentuknya, maupun tingginya nilai sumberdaya lahan (tanah, air, cahaya matahari). Tanah hutan telah ditunjukkan untuk berperan membentuk struktur komunitas mikroba (DeAngelis *et al.*, 2010). Keragaman mikroba yang luas dalam tanaman termasuk Bakteri, Jamur, dan Archaea. Komunitas mikroba tanah pada hutan seperti rhizosfer cenderung lebih kompleks daripada yang lain karena memiliki biodiversitas yang tinggi (Russo *et al.*, 2012). Biodiversitas tanaman yang memiliki jumlah mikroba yang tinggi akan mudah untuk terdekomposisi khususnya pada sistem tropis basah (Wieder *et al.*, 2009).

4.1.2 Karakteristik Lahan Pengambilan Jamur Patogen

Pengambilan sampel tanaman tebu terserang penyakit luka api untuk isolasi jamur patogen dilakukan di lahan Tebu milik Pusat Penelitian Perkebunan Gula Indonesia (P3GI) di Jalan Pahlawan No. 25, Kelurahan Pekuncen, Kecamatan Bugul Kidu, Kota Pasuruan, Provinsi Jawa Timur. Secara geografis Pasuruan termasuk zona pesisir utara Jawa Timur dengan luas sebesar 1.474,015 km² terletak antara 112°33'55" hingga 113°05'37" BT dan 70°32'34" hingga 80°30'20" LS. Pasuruan memiliki batas-batas wilayah sebagai berikut :

Sebelah Utara	: Kabupaten Sidoarjo dan Selat Madura
Sebelah Selatan	: Kabupaten Malang
Sebelah Timur	: Kabupaten Probolinggo
Sebelah Barat	: Kabupaten Mojokerto

Kondisi wilayah Kabupaten Pasuruan terdiri dari dataran rendah, yang secara rinci dibagi menjadi 3 bagian : bagian selatan terdiri dari pegunungan dan perbukitan dengan ketinggian permukaan tanah antara 186-2.700 m yang membentang mulai dari wilayah Kecamatan Tutar, Purwadadi dan Prigen. Bagian tengah terdiri dari dataran rendah yang berbukit dengan ketinggian permukaan antara 6-91 m dan pada umumnya relatif subur. Bagian utara terdiri dari dataran rendah pantai yang tanahnya kurang subur dengan ketinggian permukaan tanah 2-8 m. Daerah ini membentang dari timur wilayah Kecamatan Nguling ke arah barat yakni Lekok, Rejoso, Kraton dan Bangil.

Kabupaten Pasuruan pada umumnya beriklim tropis, dengan klasifikasi Schimat dan Fergusan dengan sebagian besar jenis tanah terdiri dari jenis Alluvial, Mediteran, Regosol, Labosal, Litasol, Grumasol dan Andosol. Sebagian besar kecamatan tipe iklim C dan selebihnya tipe B. Temperatur sebagian besar wilayah antara 24^0 - 32^0 C, sedangkan untuk wilayah diatas 2.770 m temperatur terendah mencapai 5^0 C yaitu di Kecamatan Tosari. Variasi curah hujan rata – rata dibawah 1.500–2.500 mm. Angin Barat dan Timur kecepatannya 12-30 knot. Potensi sumber daya alam berupa hidrografi memberikan peluang yang besar bagi pembangunan baik untuk keperluan air minum, irigasi, pariwisata dan industri. Curah hujan untuk wilayah Kabupaten Pasuruan tergolong tipe D yang berarti keadaan daerah secara umum tergolong daerah kering meskipun di daerah pegunungan curah hujan cukup. Kabupaten ini dikenal sebagai daerah perindustrian, pertanian, dan tujuan wisata. Kompleks pegunungan Tengger dengan Gunung Bromo merupakan atraksi wisata utama di Kabupaten Pasuruan. Pertumbuhan tanaman tebu di Pasuruan rata-rata cukup baik, berumur antara 3-9 bulan. Varietas yang banyak ditanam bervariasi dari varietas lokal yaitu varietas PS 881, PSBM 901, Tolangohula 1 (TLH1), PSCO 902, VMC86-550, GMP 3, GMP 4, dan PSJK 922 (Gambar 12)

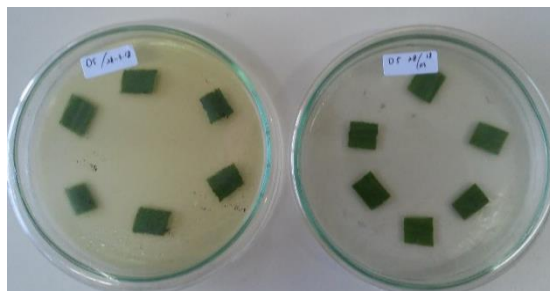


Gambar 12. Kondisi pertanaman tebu di P3GI Pasuruan

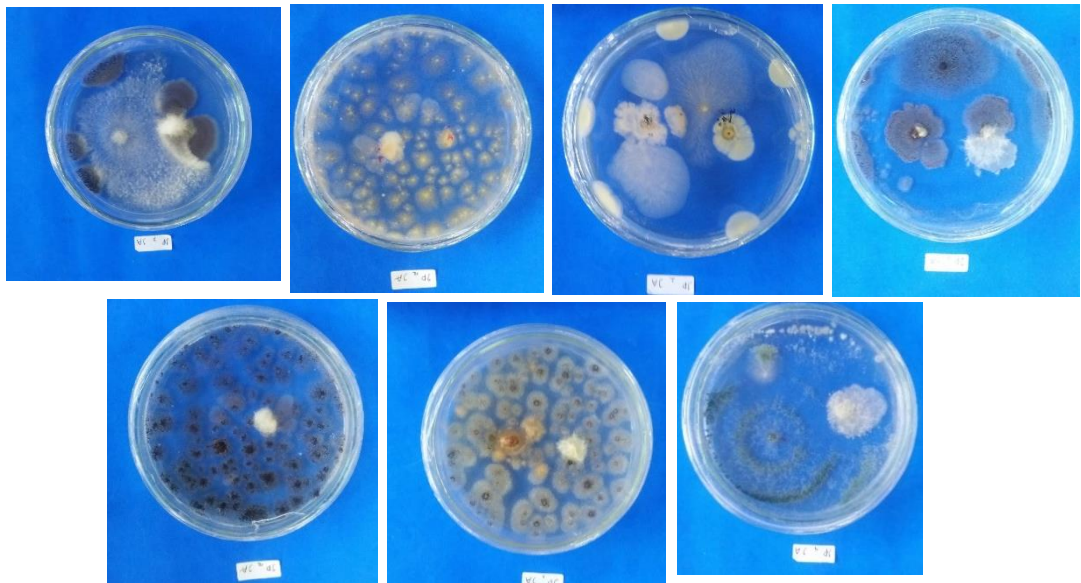
Lampiran 15. Dokumentasi kegiatan



Pengambilan sampel daun tebu : A. bergejala luka api B. sehat



Kegiatan isolasi daun tebu sehat pada media PDA



Pengujian Antagonis jamur endofit dan jamur patogen luka api